



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE  
OSMOSIS INVERSA PARA PRODUCIR AGUA, EN LA PLATAFORMA  
PETROLERA MARINA ALBACORA, TUMBES 2016”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR:**

**CERQUERA DIAZ JOSÉ JOHELI**

**ASESOR:**

**Dr. RICARDO RODRÍGUEZ PAREDES**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Generación de Energía**

**PERÚ- 2016**

## **PÁGINA DEL JURADO**

---

Dr. SALAZAR MENDOZA ANÍBAL JESÚS

PRESIDENTE

---

Mg. RAMOS MARTÍNEZ LUIS ALBERTO

SECRETARIO

---

Ing. ADANAQUE SANCHEZ JOSÉ LUIS

VOCAL

## **DEDICATORIA**

Esta investigación está dirigida a Dios porque me dio la vida, salud por cuidarme y bendecirme cada día cada minuto de mi existencia.

A mis padres por apoyo incondicional, por sus consejos por su comprensión, por saber guiarme por el camino del bien inculcando valores, haciéndome entender que el estudio es el pilar fundamental para lograr nuestros objetivos. A mis hermanos porque son ellos quienes me inspiran a ser cada día mejor.

A los profesores que a lo largo de esta vida estudiantil han sabido transmitir todos sus conocimientos.

Cerquera Díaz José Joheli

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios, a la Virgen María y a Jesucristo por brindarme salud y por haberme permitido llegar hasta esta instancia de mi vida.

A todo el grupo de profesores quienes nos implantaros sus conocimientos, a la Universidad Cesar Vallejo Filial Chiclayo (UCV), en la cual a lo largo de este tiempo absorbimos valores y conocimientos que serán la herramienta fundamental para lograr nuestras metas y objetivos trazados.

A la referida empresa; Pacific Rubiales Energy, por el aporte recibido.

**EL AUTOR**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo CERQUERA DÍAZ JOSÉ JOHELI, identificado con DNI N° 43474587, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la **Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la **Universidad César Vallejo**.

Chiclayo, diciembre del 2016

.....  
**CERQUERA DIAZ JOSÉ JOHELI**

DNI: 43474587

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de **Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo** presento ante ustedes la Tesis titulada **“Propuesta de Implementación de una Planta de Osmosis Inversa para Producir Agua, para la Plataforma Petrolera Marina Albacora, Tumbes 2016”**

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

**CERQUERA DIAZ JOSÉ JOHELI**

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	14
1.1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA INTERNACIONAL.....	14
1.1.2. REALIDAD PROBLEMÁTICA NACIONAL .....	15
1.1.3. REALIDAD PROBLEMÁTICA LOCAL .....	16
1.2. TRABAJOS PREVIOS .....	18
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL .....	18
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA .....	21
1.3.1. Antecedentes de la desalación .....	21
1.3.2. Composición y calidad del agua de mar .....	31
1.3.3. Características de la Plataforma Marina Albacora.....	35
1.3.4. Elección de la tecnología de la desalinización.....	35
1.3.5. Fundamento teórico de osmosis inversa .....	38
1.3.6. Ecuaciones .....	41
1.3.7. Membranas de ósmosis inversa .....	46
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	53
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	53
Tecnológica .....	53

Económica .....	54
Ambiental.....	54
1.6. HIPÓTESIS.....	55
1.7. OBJETIVOS.....	55
Objetivo General.....	55
Objetivos específicos .....	55
II. METODO.....	56
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	56
2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN .....	56
2.2.1 Identificación de Variables .....	56
2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN .....	57
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	59
Población:.....	59
Muestra: .....	59
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	59
2.4.1. Técnicas de Recolección de Datos. ....	59
2.4.2. Instrumentos de recolección de datos. ....	60
2.4.3. Validez y Confiabilidad.....	60
III. RESULTADOS .....	61
3.1. Identificar las necesidades y restricciones para el abastecimiento de agua dulce en alta mar, mediante una planta de osmosis inversa. ....	61
3.2. Determinar la selección y descripción de las distintas partes que conforman la planta de osmosis inversa y su funcionamiento.....	63
a) Selección y cálculo de bombas.....	64
3.3. Determinar la producción de agua obtenida y estudio económico.....	81
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....	87
V. CONCLUSIONES.....	89
VI. RECOMENDACIONES .....	90
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	91



ANEXOS .....	93
Cotización de referencia de planta de osmosis .....	108
Formato de parametros de planta de osmosis inversa.....	110
Analisis de cloruros de agua de mar en plataforma Albacora .....	111
PLANOS.....	112
Mapa de ubicación de Plataforma Albacora.....	113
Plano de ubicación de planta de osmosis en Plataforma Albacora .....	114
Plano de proceso de planta de osmosis.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la Plataforma Petrolera Marina Albacora.....	93
Figura 2 Esquema de una planta de evaporación por efecto Flash Multietapa....	26
Figura 3 Destilación Multiple Efecto .....	28
Figura 4 Esquema de Destilador Solar.....	29
Figura 5 Esquema de un equipo de Electrodiálisis.....	30
Figura 6 Esquema del Fenómeno de Ósmosis Inversa.....	31
Figura 7 Intervalos de referencia del agua de mar .....	32
Figura 8 Proceso industrial de ósmosis inversa .....	40
Figura 9 Módulo de placas tubulares .....	49
Figura 10 Módulo de fibra hueca.....	50
Figura 11 Módulo de espiral.....	51
Figura 12 Plataforma Petrolera Marina Albacora .....	94
Figura 13 Consumo anual de agua industrial Platafroma Albacora.....	94
Figura 14 Skid de Ósmosis Inversa.....	95
Figura 15 Área seleccionada para la implementación de planta de osmosis .....	95
Figura 16 Componentes de planta de ósmosis inversa .....	96
Figura 17 Diagrama de planta de osmosis que se implementara.....	96
Figura 18 Captación de agua de mar .....	97
Figura 19 Curva para encontrar el caudal y altura de bombeo .....	98
Figura 20 Modulo de ósmosis inversa.....	98
Figura 21 Curva de poetencia de bomba booster .....	100
Figura 22 Filtros de cartucho de 05 y 20 Micras.....	101
Figura 23 Curva de potencia de bomba de agua desalada.....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cordenadas de la Plataforma Petrolera Marina .....	93
Tabla 2 Composición química promedio del agua de mar .....	22
Tabla 3 Contenido de sales de los diferentes mares y oceanos .....	22
Tabla 4 Consumo de energia en el proceso de desalinización .....	24
Tabla 5 Tecnologías de la desalinización.....	25
Tabla 6 Tipos de agua en función a su dureza.....	34
Tabla 7 Charactersiticas de Plataforma Maritima Petrolera .....	35
Tabla 8 Comparación de los métodos para obtener agua desalinizada .....	36
Tabla 9 Indicadores relevantes de los distintos metodos de desalinización.....	37
Tabla 10 Clasificación de las membranas de osmosis inversa .....	47
Tabla 11 Charactersiticas de la bomba de captación.....	97
Tabla 12 Parametros de funcionamiento de planta de ósmosis .....	99
Tabla 13 Caracteristicas de motor y bomba booster .....	99
Tabla 14 Caracteristicas de filtro multimedia.....	100
Tabla 15 Caracteristicas de filtro de 20 micras.....	101
Tabla 16 Caracteristicas de motor y bomba de alta presión .....	102
Tabla 17 Caracteristicas de membranas semipermeables.....	102
Tabla 18 Caracteristicas de tanque de agua desalada .....	103
Tabla 19 Caracteristicas de motor y bomba de agua desalada .....	103
Tabla 20 Caudales de alimentación, permeado y rechazo.....	104
Tabla 21 Costo de agua industrial.....	105

## **RESUMEN**

La finalidad de este trabajo es el estudio de los diferentes sistemas y métodos que se utilizan para producir agua desalinizada a partir de agua de mar, el objetivo del estudio abastecer de agua de uso industrial a la Plataforma Petrolera Marina Albacora, de acuerdo a los datos recolectados el consumo diario de agua industrial es de 45 m<sup>3</sup>/día.

Luego comparar los distintos métodos de desalación, el método que mejor se asemeja para abastecer de agua desalada a la plataforma albacora es el método de osmosis inversa, debido a que ocupa un área pequeña para su instalación, fácil operación, es mucho más económica con respecto a los demás métodos estudiados en este trabajo.

Luego de haber identificado del método que se utilizara, se desarrolló una descripción detallada del proceso y funcionamiento de equipos, así como el cálculo de los diferentes equipos que intervienen en el sistema osmosis inversa, se seleccionó una planta de osmosis de 60 m<sup>3</sup>/día, del fabricante (PARKER). La capacidad de la planta tiene que ver, que en un futuro cuando terminen los trabajos de perforación agua de producción de la planta será utilizada para el lavado de crudo.

Finalmente se realiza un estudio económico, donde se demuestra los resultados obtenidos mediante cálculos, donde nos indica que el proyecto es factible y la inversión será recuperada en 7 años, la proyección de la planta es de 20 años de vida útil.

## **PALABRAS CLAVES**

Planta de osmosis inversa, plataforma marina, agua desalada, agua Salmuera, membranas semipermeable.

## **ABSTRACT**

The purpose of this study is to study the different systems and methods used to produce desalinated water from seawater, the objective of the study to supply water for industrial use to the Marine Petroleum Platform Albacore, according to the data Collected the daily consumption of industrial water is 45 m<sup>3</sup> / day.

After comparing the different methods of desalination, the method that best resembles to supply desalinated water to the albacore platform is the reverse osmosis method, because it occupies a small area for its installation, easy operation, it is much cheaper with respect to the other methods studied in this work.

After identifying the method to be used, a detailed description of the process and equipment operation was developed, as well as the calculation of the different equipment involved in the reverse osmosis system. An osmosis plant of 60 m<sup>3</sup> / day was selected, of the manufacturer (PARKER). The capacity of the plant has to see, that in the future when the drilling works water production plant will be used for the washing of crude.

Finally, an economic study is carried out, showing the results obtained by means of calculations, where it indicates that the project is feasible and the investment will be recovered in 7 years, the projection of the plant is 20 years of useful life.

## **KEYWORDS**

Reverse osmosis plant, marine platform, desalinated water, water Brine, semipermeable membranes

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El proceso de desalinización por medio de RO mediante este método se purifica el agua, mediante sistemas como de pre filtración y alta presión con la finalidad lograr la separación de sales y partículas indeseables, contenidas en el agua que se va a tratar para de esta manera obtener agua de uso industrial. El proceso tiene grandes aplicaciones en el uso comercial, industrial dentro de las más comunes podemos encontrar el método de separación de sales del agua, para convertirla en agua desmineralizada, agua pura, ultra pura o industrial. (Moreno, 2011, p.14)

Actualmente el agua desalada cumple un papel muy importante en las industrias, ya que estas destinan porcentajes considerables para los distintos usos y procesos, así como también para el uso doméstico de sus empleados.

Es necesario tener en consideración que para obtener el máximo aprovechamiento del agua es necesario aplicar técnicas de tratamiento de filtración que permitan entregar un agua limpia y purificada, incluso modificar sus características del agua que se va a utilizar el proceso.

Dentro de las etapas de filtración o tratamiento de agua más conocidos, encontramos medios filtrantes de arena, de carbón activado, suavizadores, procesos de micro-filtración y plantas de osmosis inversa siendo este método actualmente más utilizado para el tratamiento físico-químico que se le da al agua para el uso industrial. (Moreno, 2011, p.15)

#### **1.1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA INTERNACIONAL**

La evolución del uso de agua a partir del aprovechamiento del agua del mar para convertirla en agua desalinizada de uso industrial, aparece como el método a desarrollar a futuro esto surge como respuesta ante la escasez de los recursos hídricos, el método de desalar el agua de mar va en aumento nivel mundial. Los países que están desarrollando mayor

esta tecnología son países como Israel, China, la india, México España. (Montaño, 2011, p.49)

Gracias a la evolución de los distintos métodos de desalinización, los precios para producir un metro cúbico han disminuido significativamente, esto se debe a que en muchas partes del mundo se están desarrollando muchos proyectos de gran envergadura. La planta desalinizadora del mundo se encuentra en (Israel) la cual esta ampliación, otras plantas de gran capacidad se vienen construyendo en la península arábiga se está construyendo una planta desalinizadora con una capacidad de producción de permeado de 1000'000 000 de litros que abastecen a la población de Raid. (Montaño, 2011, p.51)

La forma tradicional de obtener agua dulce, era evaporándola una vez convertido en vapor se destilaba y se tenía como resultado agua pura, los proyectos que viene desarrollando arabia son de construir plantas desalinizadoras al lado de las plantas de energía para que de esta manera obtener el poder calorífico que están plantas generan, y así convertir el agua salada o salobre en agua dulce pura. (Montaño, 2011, p.50)

### **1.1.2. REALIDAD PROBLEMÁTICA NACIONAL**

En el Perú se han desarrollado pequeños proyectos sobre implementación de plantas de osmosis para producir agua ya sea para uso de las industrias, para uso agroindustrial, pesquero, inclusive para el su uso en minería tal es el caso de la Empresa Milpo, ubicada en la ciudad de chincha, en el departamento de Ica, en el año 2007 implanto una planta de OI con una capacidad de producción de agua desalinizada de 90 (l/s) cuyo precio por metro cubico fue US\$ 2.4/m<sup>3</sup>. (Proyecta, 2014, p.56)

El Perú cuenta con una planta de una capacidad de producción de agua desalada de 204.3 m<sup>3</sup>/h, perteneciente a la Empresa Bayobar, para ser específicos la planta ubicada en el norte de país exactamente en el

departamento de Piura, el agua desalada es utilizada para el proceso de extracción de fosfato. Otra empresa que también cuenta en sus instalaciones con planta de OI es la Empresa Minera Tía María, departamento de Arequipa, quien incorpora para sus procesos una planta desalinizadora por medio de agua de mar. (Proyecta, 2014, p. 56)

Ante la crisis hídrica y la falta de agua debido a escasas de lluvias y escasez de caudales de afluentes de agua dulce existe un sin número de empresas interesadas en la construcción e implementación de pantas de este tipo, para que de esta manera puedan garantizar su producción en caso de las empresas industriales, pesqueras, agroindustriales. (Proyecta, 2014, p.56)

### **1.1.3. REALIDAD PROBLEMÁTICA LOCAL**

La Plataforma petrolera Marina Albacora Z1-8A está localizada dentro del Lote Z1; a unos 29 kilómetros, desde la ciudad de Zorritos exactamente a 25 km, de la Caleta La Cruz, ubicada en la costa norte del Perú frente a las ciudades de Zarumilla, Tumbes y Zorritos, dentro del departamento de Tumbes. (Geolab, 2009, p.6)

Coordenadas de Plataforma Petrolera Albacora. (**Ver anexo 1**)

El acceso hacia las instalaciones se realiza únicamente por vía marítima y por embarcaciones debidamente autorizadas contratadas por la empresa operadora Pacific Rubiales Energy.

El lote Z1, está ubicada dentro del zócalo continental ubicado al noroeste del Perú. Mantiene una extensión de territorio de 2 994.64 km<sup>2</sup>. Con una profundidad del mar de 60 metros. (Geolab, 2009, p.6)

Ubicación de Plataforma Petrolera Albacora. (**Ver anexo 2**)

La plataforma albacora viene acarreado un problema de abastecimiento de agua dulce (agua de uso industrial) el agua es utilizada para para el uso servicios básicos del personal que labora en la instalación, y otro porcentaje mayor para trabajos de coliled tubing,



preparación de lodos de perforación.

El consumo diario bordea los 45m<sup>3</sup>/d, en época de perforación y mantenimiento de pozos, el estudio contempla la implementación de una planta de 60m<sup>3</sup>/d, se considera con un excedente de 15m<sup>3</sup>/d, para de esta forma suplir con la demanda, teniendo en cuenta que planta de agua dejara de producir cuando se realice, mantenimientos, retrolavados, trabajos de buceo.

Actualmente el abastecimiento de agua se realiza mediante embarcaciones que trasladan el agua desde tierra (Muelle Caleta La Cruz) hasta plataforma albacora, para hacer llegar el agua hasta plataforma se tiene que seguir un conjunto de procedimientos que se inician con la adquisición del agua, luego es transportada en cisternas las cuales tienen poca capacidad de almacenamiento la de mayor capacidad es de 9,000 galones, si comparamos con el consumo en la locación se necesita dos cisternas diarias, en otras ocasiones el agua se adquiere de embarcaciones que cuentan con planta de osmosis.

Existe otro agravante que es en época de mal tiempo embarcaciones no pueden anclarse en muelle para poder abastecerse de agua, ni tampoco pueden descargar agua en plataforma esto hace que se ponga en riesgo los programas de trabajo establecidos y retraso de los mismos, estos problemas provocan perdidas económicas en la empresa.

Con la perforación de nuevos pozos petroleros y los trabajos de coliled tubing que se vienen realizando se estima una producción de crudo para el año 2017, de 1200 Barriles de crudo por día (BWPD), actualmente la producción de crudo en plataforma albacora es de 700 Barriles de crudo por día (BWPD).

Una vez culminados los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, la cantidad de personal se reduce solo quedara personal de operaciones y mantenedores de plataforma, con la culminación de estos trabajos se reduce el consumo de agua en la instalación, que pasara con

la planta de osmosis, según los últimos análisis de crudo de pozos petroleros próximos a entrar en producción: A-19XD y A - 29XD, estos aportan crudo con un alto contenido de sal 19,000 ppm, puesta en servicio la planta de osmosis una de las alternativas para reducir la salinidad de crudo es el lavado de crudo con agua fresca (desalada).

Para lavado de crudo, la dilución de agua y crudo se realizara mediante un mezclador estático el cual instalara en la línea de descarga de crudo saliente del tratador térmico electrostático, la mezcla agua/crudo será transportada por una línea de tubería hacia un buque tanque ubicado a 200 metros de plataforma, en donde por medio de reposo se logra la separación de crudo/agua, el agua tratada será devuelta hacia la plataforma, mediante bombas de inyección será devuelta al sub suelo mediante pozos inyectoros de agua.

## **1.2. TRABAJOS PREVIOS**

Luego de haber realizado una búsqueda minuciosa de trabajos previos relacionados con la implementación de plantas de osmosis para producir agua desalada.

Entre las investigaciones se encontró los siguientes trabajos realizados:

### **1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

- López, José (2015, pp. 147). En su tesis de “Diseño de una planta de tratamiento de agua potable por osmosis inversa para un buque pasaje”.

“El objetivo de su tesis fue diseñar de una planta de tratamiento de agua potable por ósmosis inversa, para un buque de 290 metros de eslora, con capacidad para transportar un total de 4.890 personas pasaje y tripulación” (López, 2015, p.1).

En su estudio desarrolla los principios básicos de funcionamiento de una planta de una desaladora, así como ecuaciones fundamentales

que se utilizan para el diseño de la planta, teniendo en cuenta los estudios realizados de la materia, para luego indicar paso a paso y en forma secuencial todos los equipos que conforman la planta de osmosis. (López, 2015, p.1)

En su estudio identifica las necesidades y el caudal que se necesita para cubrir la demanda de una población de 4.890 personas, embarcadas en dicha unidad, el estudio concluye con identificación de todas las necesidades y carencias de agua en el buque, de esta manera su estudio concluye que es necesaria la implementación de una planta de osmosis de una capacidad de 62M<sup>3</sup>/h. (López, 2015, p.140)

- Montes, Marcelo (2011, pp. 137) en su tesis de “Pre factibilidad Técnica y Económica de una Planta Desaladora de Agua Marina para la Minería Alimentada con la Energía Generada por una Planta de Concentración solar”.

La problemática que investigo y la cual está dirigida como oportunidad de inversión fue para las empresas a que desarrollen esta tecnología de desalinización tecnología sin alimentación eléctrica de la red de conexonado, sino de plantas que se desarrollen mediante tecnologías alternas como lo es la tecnología solar como fuente de alimentación, teniendo en cuenta que esta es una tecnología limpia renovable, que no altere nuestro medio ambiente, como todos los proyectos que se desarrollen deben ser amigables con el medio ambiente. (Montes, 2011, p. 8)

Los estudios técnicos dieron como resultado la implementación de una planta RO con una capacidad de producción de agua de 2000 Lps, la planta RO estaría ubicada en la localidad de Caldera, cerca de la ciudad de Puerto viejo, la ubicación se determinó de acuerdo a la incidencia solar en esta zona en mayor. (Montes, 2011, p. 90)

El resultado del estudio económico determino que el proyecto no era factible por no ser rentable, sin el aporte interno de contribuyentes el proyecto no se llevaría a cabo ya que el precio del agua producida mediante la planta RO, era similar al precio por metro cubico que venden las entidades sanitarias del lugar. El estudio arrojó que el precio del agua debería ser 2,32 US\$/m<sup>3</sup>, con un descuento de 15% que dio como resultado un VAN de (-808,192) millones US\$, TIR igual a 2.33%, a lo que se concluye que el proyecto no resulta beneficioso, solo variando por metro cubico del agua se obtendrá un VAN positivo, para que este resultado sea positivo se tendría que vender el agua a 4,80 US\$/m<sup>3</sup>, es en donde el VAN resulta positivo obteniendo un valor de 2,036 millones de dólares, TIR 15,03%, en conclusión para la evaluación se debe considerar un financiamiento de las partes involucradas ( inversionistas 40%, y terceros 60%) para tener mejor rentabilidad. (Montes, 2011, p. 91)

- Moreno, José (2011, pp. 136). En su tesis de “Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa para la empresa Dober Osmotech de Colombia LTDA”.

La problemática que identifiqué para plantear su tesis fue que la mayoría de plantas de OI eran mecanizadas lo cual demandaba mantener un operario a tiempo completo para el monitoreo y control del sistema, lo cual demandaba pérdidas en lo económico y en la producción de agua, moreno desarrolla en su tesis un sistema de control automatizado para el control de plantas de osmosis para de esta manera aumentar la productividad de agua y confiabilidad de equipo OI. (Moreno, 2011, p. 18)

Los resultados del diseño automatizado para una planta RO, para llegar a estos objetivos se realizó la identificación de las necesidades más relevantes que tienen las plantas de osmosis dentro de Dober Osmotech, se llegó a la conclusión que a automatización era el objetivo más resaltante no solo por el desarrollo de la misma empresa

sino también como una forma de competitividad dentro de las empresas del mismo medio ya sea a nivel local o regional dentro y fuera del país. (Moreno, 2011, p. 101)

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA**

#### **1.3.1. Antecedentes de la desalación**

Las plantas de OI, tienen como finalidad de tomar el agua cruda de mar con una salinidad típica de 33,500 ppm, mediante un proceso se obtiene agua dulce o desalada, el análisis de agua del lugar en donde se realizara el proyecto se determina los métodos de pre filtración que se debe utilizar, para de esta forma determinar la cantidad de solidos disueltos totales varía de 5.000 – 10.000 ppm, lo que determina si es calificada como agua para consumo humano, servicios domésticos o agua para uso de las industrias (López, 2014, p. 8)

La calidad del agua y su uso varía de acuerdo a cada país donde se determina los tipos los rangos de la calidad del agua sus distintos usos, todos estos parámetros o rangos se rigen a estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS) donde determina que un agua es apta para el consumo, cuando la cantidad de solidos disueltos en el agua sea menor de 500 ppm. (López, 2014, p. 8)

La salinidad o el grado de contenido de sales disueltas en el agua de mar varia en los distintos mares, si bien las proporciones varía la composición casi son las mismas, en la tabla numero 2 determina la cantidad de compuestos químicos que contienen las aguas marinas, como consecuente también se muestra tabla numero 3 donde se muestra el grado de salinidad del agua en los distintos océanos. (López, 2014, p. 8)

Tabla 1

López, José

Sal	Cantidad de sales en 1 litro de agua	
	Gramos (g)	Total de sales (%)
Cloruro de sodio	27,213	77,758
Cloruro de magnesio	3,807	10,878
Sulfato de magnesio	1,658	4,737
Sulfato de calcio	1,26	3,6
Sulfato de potasio	0,863	2,465
Carbonato de calcio y trazas de otras sales	0,126	0,345
Bromuro de litio	0,076	0,217
<b>Total</b>	<b>35,003</b>	<b>100,00</b>

Composicion quimica promedio del agua de mar

Tabla 2

López, José

Mar (océano)	Contenido de sales (%)
Océano Atlántico	3,6
Océano Pacífico	3,36
Océano Índico	3,38
Mar Mediterráneo	3,94
Mar Adriático	3,0
Mar de Japón	3,4
Mar del Norte	3,28
Mar Rojo	4,3
Mar Blanco	3,3
Mar de Mármara	2,5
Mar Negro	1,7
Mar Caspio	1,3
Mar Báltico	0,75

Contenido de sales de los diferentes mares y oceanos

Los procesos para obtener agua dulce a partir de agua de mar que son más usados en el presente son:

- Sistemas donde se evapora el agua y el otro sistema donde el vapor se regresa a su estado líquido.
- Sistemas de OI quienes están ganando mucho terreno en la actualidad.

En los sistemas donde se evapora el agua y luego se destila, el agua obtenida es tratada y remineralizada ya que se obtiene un agua ultra pura, entonces para convertirla en apta para el consumo humano se tiene que tratar. En los dos procesos lo que buscan hoy en día es optimizar los recursos energéticos, los presupuestos de instalación existen muchas variantes, cada una intentando utilizar el más mínimo uso de consumo energético, los costos de instalación y con la finalidad de obtener agua industrial o agua potabilizada. (López, 2014, p. 11)

En la época de los 80's es donde se muestra por primera vez la membrana semipermeable la cual era capaz de separar el agua salada o salobre, dando a conocerse con este invento el método de desalinización conocido como Ósmosis Inversa en sus siglas conocida también como (OI), el método natural del osmosis, fue dado a conocer desde hace mucho tiempo atrás, para este método era imposible desalinizar aguas de mar sino hasta la época de los ochentas donde aparece el método de osmosis inversa. (López, 2014, p. 11)

A media del paso de los años y con el mejoramiento de las membranas semipermeables, dieron lugar a los post tratamientos del agua que se utilizara para el proceso, con el avance de la tecnología también dieron paso a equipos de mayor confiabilidad y productividad y ahorro de energía. A continuación, se muestra (Ver tabla 4) donde se describe la cantidad de energía calorífica y energía eléctrica necesaria para producir 1m<sup>3</sup> de agua desalada. (López, 2014, p. 11)

Tabla 3

Sánchez, Juan María

PROCESO	TIPO	ENERGÍA NECESARIA	
		CALORÍFICA (Kcal/m <sup>3</sup> )	ELÉCTRICA (KWh/m <sup>3</sup> )
M.S.F.	Destilación	55.556	6,25
M.E.D	Destilación	55.556	1,64
C.M.V.	Destilación	-	8,66
O.I.	Membranas	-	3,5

Consumo de energía en procesos de desalinización

En la tabla se muestran los 4 métodos comparados en donde se indica la cantidad de energía que utiliza cada método ya sea por medio de evaporización o de membranas, en el proceso de evaporización el agua se calienta para luego ser evaporarla, en cambio en el método de membranas la energía eléctrica es utilizada en las bombas para levantar presiones y vencer la resistencia de las membranas semipermeables, el método de OI es el único que consume menos energía. (López, 2014, p. 12)

### Proceso de desalación de aguas marinas

A través del tiempo se han venido desarrollando un sin número de procesos para separar el agua de la sal, ante la gran demanda comercial, y con la finalidad de presentar alternativas en materia de desalinización de agua de mar se han tomado en cuenta los diferentes tipos que necesariamente no persiguen cubrir la misma demanda, pero si el objetivo principal, qué es obtener agua dulce a partir de agua de mar (Nunes, 2006, p.19).



Tabla 4

Elaboración Propia	Térmica	Evaporización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destilación Flash (MSF)</li> <li>• Destilación Multi Efecto (MED)</li> <li>• Termo compresión de Vapor</li> <li>• Destilación Solar</li> </ul>
		Cristalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Congelación</li> <li>• Formación de hidratos</li> </ul>
		Filtración y Evaporización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destilación con Membranas</li> </ul>
	Mecánica	Evaporización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresión Mecánica de Vapor</li> </ul>
		Filtración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osmosis Inversa</li> </ul>
	Eléctrica	Filtración Selectiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrodialisis</li> </ul>
	Química	Intercambio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intercambio Iónico</li> </ul>

Tecnologías de la desalinización

### Destilación por Efecto Flash Multietapa (MSF)

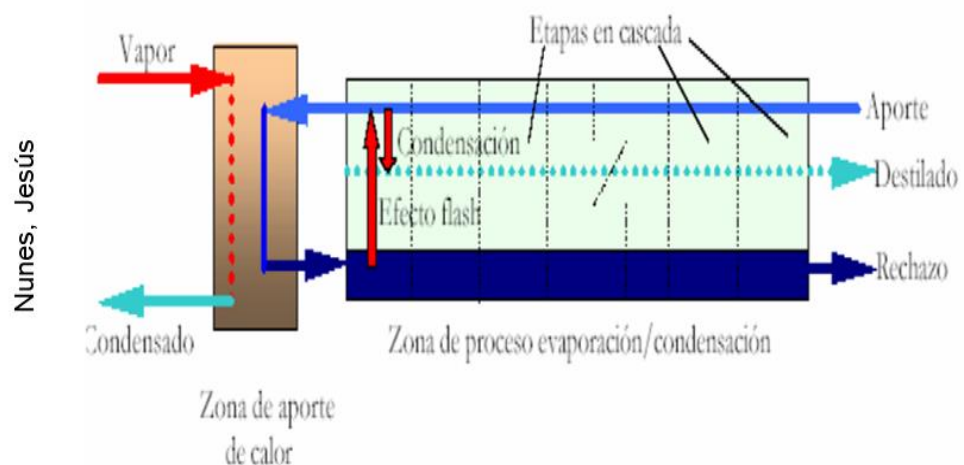
Es el método donde se busca evaporar el agua de mar para luego condensar dicho vapor. En la destilación por efecto flash el fluido ingresa por la parte superior de la planta por una tubería que transporta el agua salada, esta tubería recorre toda la zona de evaporización, para luego ser calentada por el vapor que proviene de la planta eléctrica externa, como paso siguiente se tiene que regresar el agua salada, pero a mayor temperatura, para que el fluido regrese por la zona de evaporación, en esta etapa el recorrido lo hará por la parte inferior, el fluido que regrese por el paso de la zona de lata

temperatura este produce vapor que se va a condensar en la parte exterior del sistema. (Nunes, 2006, p.8)

En la cámara de efecto flash se logra la evaporación súbita en etapas en forma de cascada y con el calor necesario a presiones diferentes, menores a la presión atmosférica. Para compensar el hecho de que el agua regrese hacia la zona de evaporación se disminuye la presión y de esta manera también se logra disminuir la temperatura. (Nunes, 2006, p.8)

“La destilación por efecto flash es comercial para grandes cantidades de agua. Este proceso es atractivo porque no se requiere que el agua de alimentación tenga baja salinidad o esté libre de contaminación, además tiene gran capacidad de producción” (Nunes, 2006, p.8).

Figura 1



Esquema de una planta de evaporación por efecto Flash Multietapa

### Destilación por Efecto Múltiple (MED)

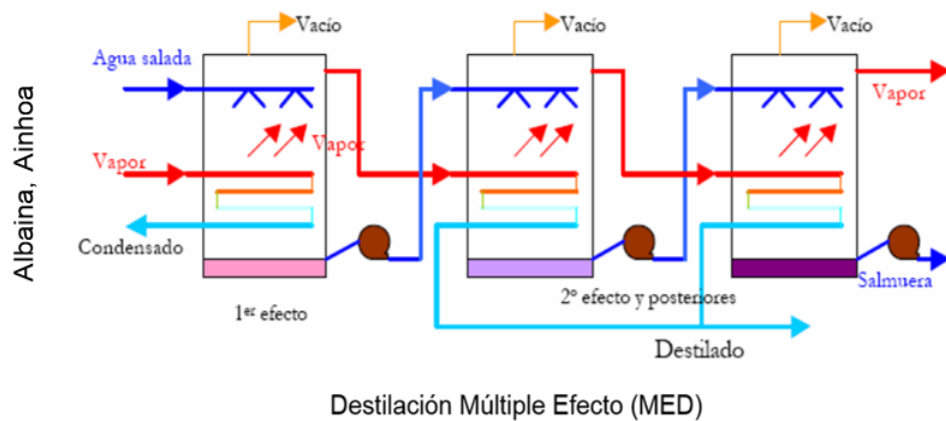
Este método está concebido como un proceso de varias etapas en serie a distintas presiones menores a la atmosférica. A la primera etapa llega agua salada (que puede ser atomizada, por ejemplo) y una tubería por donde pasa vapor proveniente de un sistema externo con el fin de proporcionar calor. Al estar la tubería en contacto con el agua salada se produce un vapor. Este vapor

producido pasa a través de otra tubería a una segunda etapa para ser la nueva fuente de calor y se atomiza agua salada extraída del fondo de la etapa anterior. De esta manera se logra una nueva evaporación y se va repitiendo el proceso a través de las distintas etapas. El vapor producido en cada etapa también se canaliza hacia una tubería aparte condensándose para conseguir el agua destilada. Este tipo de proceso entra dentro de una aplicación comercial a gran escala. Presenta un rendimiento similar al del de destilación por efecto flash y un menor consumo de energía. (Benito y otros, 2009, p.45)

Existe un método similar a éste que es llamado TVC (Compresión Térmica de Vapor). Se llama así debido a que el calor de un sistema externo para la primera etapa proviene de un termocompresor (o compresor térmico) que consume vapor a baja presión y lo comprime logrando una presión intermedia. Este vapor puede obtenerse como consecuencia de la conexión con otra planta (teniendo una planta dual, por ejemplo). (Benito y otros, 2009, p.45)

En la destilación por efecto múltiple es lo contrario del proceso (MSF) Efecto Multietapa flash, en la destilación múltiple efecto la evaporación se realiza de forma natural en las paredes de las tuberías del intercambiador de calor, se aprovecha el calor desprendido producto de la condensación del vapor de la otra cara de la tubería. (Benito y otros, 2009, p.46)

Figura 2

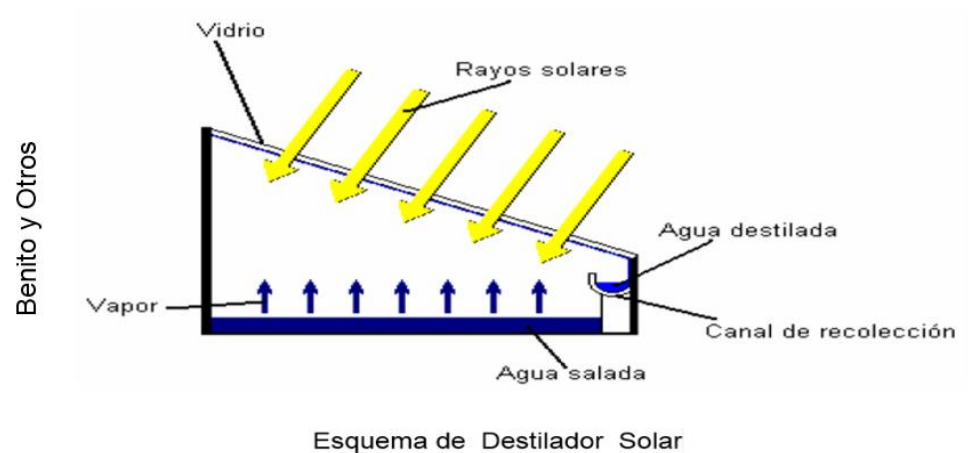


### Destilación solar

El proceso que encierra un destilador solar consta básicamente de una especie de caja cuyo fondo cuenta con una piscina usualmente oscura y de poca profundidad, donde irá el agua salada, hecha de un material que absorbe la mayor cantidad de calor posible. En la parte superior de la caja se tiene un techo de vidrio inclinado, el cual posee unos canales en todo su borde inferior. Los rayos solares (principal fuente de energía de alimentación de la planta) pasan a través del techo de vidrio y calientan el fondo de la piscina, logrando así evaporar el agua. El vapor producido sube hasta condensarse en la parte interna del mismo techo de vidrio. Como el techo se encuentra inclinado, el vapor condensado se desliza hasta los canales y se recolecta. De esta manera se logra obtener agua potable. (Benito y otros, 2009, p.47)

Si bien es cierto que el destilador solar es una opción económica para obtener agua potable, lamentablemente se produce en muy pocas cantidades. Esto hace que sea un método sumamente limitado y cada vez menos utilizado. Es casi exclusivo para zonas muy remotas. (Benito y otros, 2009, p.47)

Figura 3



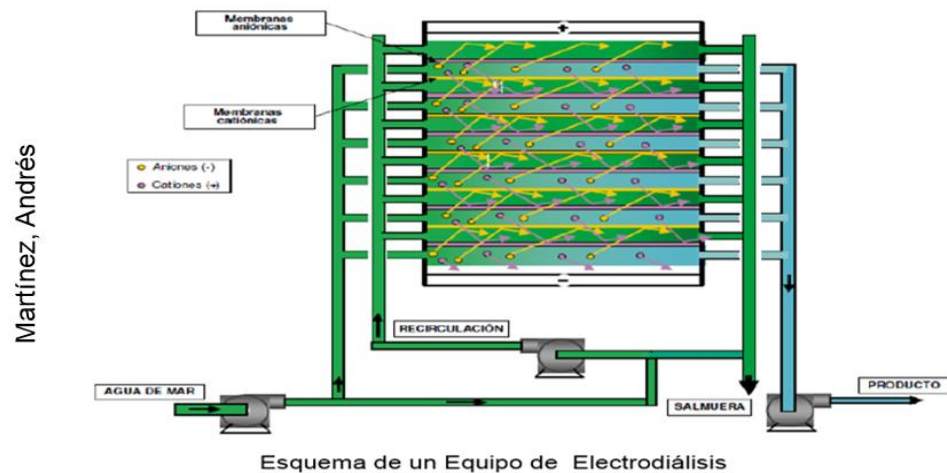
### Electrodiálisis

Proceso mediante el cual permite la desmineralización de aguas salobres o de mar permite que los iones de carga diferente se desplacen hacia diferentes zonas, para este proceso se aplican campos eléctricos con diferencia de potenciales. Estos campos son aplicados sobre electrodos, este proceso utiliza membranas selectas que permiten solo el movimiento de iones por el agua salada ya que esta es una solución electrolítica. (Montes, 2011, p.10)

Estos iones están instalados en los compartimientos y son atraídos por los electrodos de carga diferente, separando en cubas paralelas el agua pura. El proceso de electrodiálisis está principalmente dirigido para su uso en aguas residuales o salobres porque solo separa los iones de las aguas. (Montes, 2011, p.10)

En el caso de electrodiálisis reversibles (EDR), los polos de los cátodos y ánodos alternativamente se intercambian ya que de esta manera se logrará evitar el ensuciamiento de las membranas selectivas con lo cual difiere el paso de los iones. (Montes, 2011, p.42)

Figura 4



### Osmosis Inversa

En general, el proceso de ósmosis inversa puede ser representado poniendo en contacto dos líquidos separados en la parte central mediante una membrana que trabaja a dos flujos una con bajo contenido de sales (Permeado) y otra con alto contenido de sales (Rechazo). (Benito y otros, 2010, p.43)

Uno de los líquidos puede ser una disolución de sales o azúcares y otra agua pura. Ante esta situación, a través de la membrana ocurre el paso de flujo de agua desde donde está pura hacia la disolución concentrada, de líquido menos concentrado a más concentrado. El proceso llega a alcanzar un estado de equilibrio cuando del lado de la disolución concentrada se alcance cierta presión suficiente para detener el flujo de agua. Esta presión es llamada “presión osmótica”. (Benito y otros, 2010, p.43)

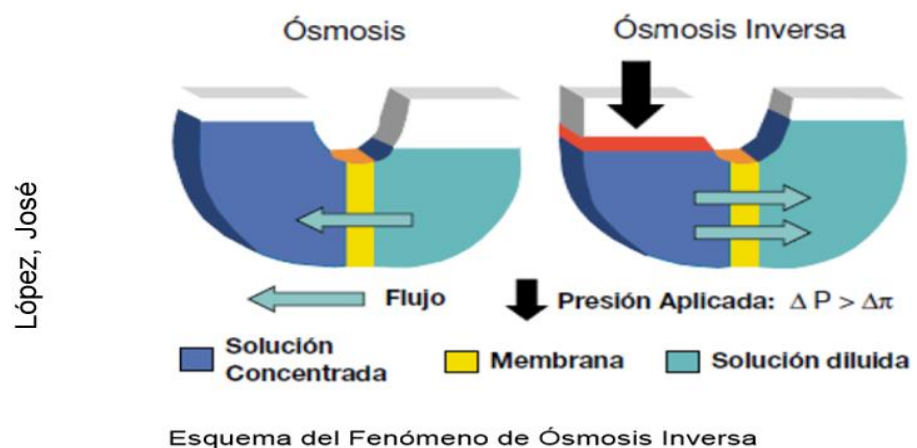
El proceso mencionado también puede revertirse para dar paso a lo que se conoce como ósmosis inversa. En este caso se ejerce presión en la zona donde se encuentra la disolución concentrada hasta lograr primero detener el flujo de agua pura e

inmediatamente invertir el sentido del mismo. Es decir, se logra pasar a través de la membrana agua pura del lado de la disolución concentrada hacia el otro lado. Es así como a través del método de ósmosis inversa se logra desalar agua. (Benito y otros, 2010, p.13)

A pesar de lo atractivo del proceso, las membranas requieren cierto mantenimiento y normalmente la calidad del agua es algo inferior a la obtenida en procesos de destilación. En ocasiones el agua obtenida en el proceso de ósmosis inversa recibe un tratamiento posterior para mejorar su condición. Cabe destacar que también es necesaria la utilización de una bomba de alta presión. (Benito y otros, 2010, p.13)

Por otro lado, el consumo energético de una planta de ósmosis inversa es menor al de procesos de destilación comerciales como los mencionados MSF y MED. Así como también depende de la concentración del agua salada que se tenga por ser un proceso de filtración. (Benito y otros, 2010, p.13)

Figura 5



### 1.3.2. Composición y calidad del agua de mar

Las características de las aguas marinas cambian de acuerdo a su ubicación u dirección, las aguas marinas que tienen mayor índice de

compuestos son las aguas en donde las temperaturas son mayores tal como es el caso del mediterráneo, cuando las temperaturas son menores donde existe mayor afluencia de los continentes tal es el caso que podemos apreciar en el mar Báltico. (López, 2014, p. 15)

“Se resume las concentraciones medias de los constituyentes químicos mayoritarios del agua marina, comprobándose que se trata de una solución con una gran cantidad de sales disueltas, pero muy pobre en nutrientes (nitrógeno, fósforo y carbono)” (López, 2014, p. 15).

Figura 6

López, José

Parámetro	Intervalos de referencia
Temperatura, °C	15 – 35
pH	7,9 – 8,1
Sales disueltas, mg/L	30.000 – 45.000
Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$ (a 20 °C)	44.000 – 58.000
Bicarbonatos, mg/L	120 – 170
Sulfatos, mg/L	2.425 – 3.000
Cloruros, mg/L	17.500 – 21.000
Bromuros, mg/L	59 – 120
Nitratos, mg/L	0,001 – 4,0
Fluoruros, mg/L	1
Boro, mg/L	4 – 6
Amonio, mg/l	0.005 – 0.05
Sodio, mg/L	9.600 – 11.700
Potasio, mg/L	350 – 500
Calcio, mg/L	375 – 525
Magnesio, mg/L	1.025 – 1.400
Estroncio, mg/L	12 – 14
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ), mg/L	0,01 – 7,4
Carbono orgánico total, mg/L	1,2 – 3,0
Nitrógeno orgánico, mg/L	0,005 – 0,03

Intervalos de referencia del agua de mar

#### a) Contaminantes de las aguas marinas

Los productos contaminantes que contaminan el medio marino con mayor facilidad son los que se nombran a continuación:



“Materias orgánicas, detergentes, elementos nutrientes y microorganismos aportados por las aguas residuales urbanas y ganaderas, metales pesados, sustancias sólidas” (López, 2014, p. 15).

Los principales medios por donde ingresan los contaminantes a los mares son los afluentes fluviales que acarrearán todo tipo de contaminantes en toda su travesía hasta llegar a los océanos, a lo largo de todo el litoral costero es quien recepción más alta carga de contaminación de las aguas marinas. (López, 2014, p. 17)

#### **b) Aspecto del agua de mar**

La utilización de agua en la plataforma será de uso exclusivamente para uso industrial y no para ser consumida, esta agua si se puede utilizar para servicios higiénicos aseo personal de trabajadores.

#### **pH**

El pH en el agua de los océanos depende de la temperatura de las aguas las cuales son un poco alcalinas ya que debido a que se encuentran en un rango de (8-14), cuando el pH en el agua baja tiende a ser un agua ácida que fluctúa en valores de (1-6), se considera que un agua neutra tiene un pH igual a (7), el pH también puede variar de acuerdo a la salinidad y profundidad del agua. (Wikipedia, 2016)

#### **Temperatura**

Para evitar la reproducción de microbios en las membranas semipermeables la temperatura del agua debe ser menor a 25°C o sobre los 50 °C. La recomendación es que antes completo del agua que se va a utilizar. (López, 2014, p.19)

#### **Conductividad**

Es un valor muy importante con el cual se determina la calidad del agua, y los parámetros que arroje son importantes donde nos dan a

conocer si hay que remineralizarla si es para consumo humano, realizar otro tratamiento si es que es para uso industrial. Su unidad de medida es microsiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), la conductividad de agua de mar fluctúa entre (50.000 – 60.000)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (Wikipedia, 2016)

## Dureza

Cuando hablamos de agua dura nos referimos que esta agua consta en su composición una cantidad mayor de minerales que un agua normal, los componentes de esta agua son carbonatos y bicarbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) maneja un rangos de (100 – 200 mg/litro) 1mmol/l o 2 mmol/l, la forma de eliminarlas en su totalidad en evaporándola luego condensarla, este proceso se realiza para evitar la las incrustaciones y corrosiones. (López, 2014, p.20)

Tabla 5

Martínez, Andrés

CLASIFICACION	DUREZA ( Mg, Ca, $\text{Co}_3/\text{L}$
Blandas	0-100
Moderadamente Duras	101-200
Duras	200-300
Muy Duras	>3000

Tipos de agua en función a su dureza

## Turbidez

La turbidez media idealmente debería ser inferior a 0,1 NTU para una desinfección eficaz. Los valores normales para el agua potable se encuentran entre 0,05 y 0,5 NTU. La apariencia del agua con una turbidez inferior a 5 NTU es generalmente aceptable para los consumidores. Una turbidez alta puede provocar el desprendimiento del material depositado en la superficie de las tuberías dentro del sistema de distribución del agua. (Benito y otros, 2009, p. 53)

### 1.3.3. Características de la Plataforma Marina Albacora.

Las principales características de la plataforma albacora, para el cual se va a Implementar la planta de tratamiento por ósmosis inversa son:

Tabla 6

Pacific Rubiales Energy	Característica		Unidad	Valor
	Elevación de la plataforma (s.n.m)	Primer nivel (cabezales)	ft	15
		Segundo nivel (mesa inferior)	ft	35
		Tercer nivel (mesa superior)	ft	57
	Presión barométrica		psia	14,68
	Temperatura ambiente (bulbo seco)	Máxima	°F	94
		Mínima	°F	77
	Temperatura de mar	Superficie	°F	79
		Fondo	°F	64
	Humedad relativa	Máxima	98	%
		Promedio	85	%
		Mínima	77	%
	Vientos	Dirección predominante	SO a NO	
		Velocidad máxima	ft/s	39.5
	Radiación solar		BTU/h-ft2	300

Características de Plataforma Petrolera Marina Albacora

### 1.3.4. Elección de la tecnología de la desalinización.

Una vez dados a conocer los distintos métodos de desalinización de agua de mar, para alcanzar la producción de agua dulce para uso industrial, se muestra un cuadro comparativo donde se identifica a cada uno de los métodos y sus características más resaltantes. Este cuadro servirá para identificar el método que se empleara para la producción de agua dulce en la plataforma Albacora.

Tabla 7

CARACTERÍSTICAS	MSF	MED-TVC	CV	OI	ED
Tipo de energía	Térmica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica
Consumo Energético Primario(kJ/kg)	Alto (>200)	Alto-Medio (150-200)	Medio (100-150)	Bajo (<80)	Bajo (<30)
Coste de Instalaciones	Alto	Alto/Medio	Alto	Medio	Medio
Capacidad Producción(m3/día)	Alta (>50000)	Media (<20000)	Baja (>5000)	Alta (>50000)	Media (>30000)
Posibilidad Ampliación	Difícil	Difícil	Difícil	Fácil	Fácil
Fiabilidad de Operación	Alta	Media	Baja	Alta	Alta
Desalación de Agua de Mar	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Calidad del agua desalada (ppm)	Alta(<50)	Alta(<50)	Alta(<50)	Media (300-500)	Media(<300)
Superficie de Terreno Requerida	Mucha	Media	Poca	Poca	Poca
Atención requerida	Alta	Mínima	Mínima	Media	Mínima
Mantenimiento requerido	Alto	Medio-Bajo	Mínimo	Medio	Mínimo
Formación de incrustaciones	Alta	Media	Media	Media	Mínima
Corrosión	Alta	Media	Media-Baja	Baja	Mínima
Duración de las Membranas	-----	-----	-----	5 años	> 5 años.
<b>Ventajas relativas</b>	-Alta calidad de producto. -Larga experiencia. -Muchos fabricantes. -Puede acoplar turbina.	-Alta calidad de producto. -Fácil operación. -Menos energía eléctrica y menos costo que MSF. -Puede operar con calor residual.	-Alta calidad de producto -Opera casi sin atención -Fácil automatización. -Fácil instalación	-Sencilla operación -Tamaños variados. -Consumo de energía bajo. -Puede recuperar energía. -Fácil instalación	-Amplia experiencia. -Operación sencilla. -Variedad de tamaños. -Fácil limpieza. -Sin productos químicos.
<b>Desventajas Relativas</b>	-Sensible la corrosión e incrustaciones  -Necesita monitoreo.  -Agua potable o de caldera.	-Poca experiencia operativa.  -Pocos fabricantes.  Agua potable, de proceso o de caldera.	-Tamaño unitario pequeño. Poco conocimiento  -Compresor de alta velocidad alto mantenimiento.  -Agua potable, de proceso o de caldera.	-Opera a alta presión.  -Agua potable, de proceso o de caldera.  Tratamiento de aguas residuales.	-Alto TDS producto comparado con destilado. -Poca economía de escala. -No elimina sílice ni bacterias.  -Agua potable o de caldera.
<b>Aplicaciones Principales</b>	-Agua potable, de proceso o de caldera.	-Agua potable, de proceso o de caldera.	-Agua potable, de proceso o de caldera.	-Agua potable, de proceso o de caldera.	-Agua potable, de proceso o de caldera.

Comparación de métodos para obtener agua desalinizada.

Para la selección óptima y adecuada para sistema de desalinización que se empleará para producir agua dulce de uso industrial, para de esta manera abastecer de agua desalinizada a la plataforma petrolera Albacora, en la tabla se compara las distintas tecnologías, para lo cual se observa la siguiente tabla.

Tabla 8

Lechuga y Otros	INDICADORES	Consumo de Energía Fósil	Costos Unitarios	Tendencias Mundiales	Fuentes de Energía
	Procesos				
	Ósmosis Inversa	De 2 a 2.8 kwh/m <sup>3</sup>	0.60 USD/m <sup>3</sup>	Crecimiento	Eléctrica
	Electrodialisis	De 16 a 19 kwh/m <sup>3</sup>	58 USD/m <sup>3</sup>	Estático	Eléctrica
	Destilación Multi-efecto MED	De 3.4 a 4 kwh/m <sup>3</sup>	1.5 USD/m <sup>3</sup>	Decreciente	Eléctrica Calorífica
	Evaporación Multi-etapas Flash MSF	De 5 a 8 kwh/m <sup>3</sup>	1.10 USD/m <sup>3</sup>	Decreciente	Eléctrica Calorífica
	Destilación * por energía Solar	-	28 USD/m <sup>3</sup>	Estático – Creciente	Energía solar

Indicadores relevantes de los distintos métodos de desalinización

Luego de un análisis de los distintos métodos se llegó a la conclusión que el método que más se asemeja, se tuvo en cuenta lo siguientes criterios:

- Permite remover una gran cantidad de los sólidos (orgánicos y/o inorgánicos) disueltos en el agua (99%).
- Remueve los sólidos suspendidos y micro-organismos, contenidos en el agua de mar.
- El proceso de desalinización es de forma permanente y continúa.
- Es una tecnología simple y de fácil operación, que no requiere de mucho mantenimiento.

- Es un conjunto compacto de equipos que necesita poco espacio, de acuerdo a los caudales deseados y de acorde al área de instalación.

En resumen las plantas de osmosis inversa, presentan una serie de ventajas tales como es su sencilla operación, permite recuperar energía en este caso y por el tipo de diseño de la planta el agua proveniente del proceso (rechazo) regresará directamente al mar, tiene un bajo consumo de energía (Kwh/m<sup>3</sup>) comparado con otras tecnologías ya que para este sistema solo se necesita tres electrobombas para la impulsión de fluido, además las plantas de osmosis inversa se pueden construir de acuerdo al área o lugar donde se realizara implantación del proyecto. (Moreno, 2011, p.29)

### **1.3.5. Fundamento teórico de ósmosis inversa**

#### **Introducción**

El proceso de osmosis inversa se relaciona con el fenómeno de osmosis natural que se da en los seres vivos donde el agua fluye de una concentración de baja concentración de sales a una de alta concentración de sales disueltas en el agua, la osmosis inversa se refiere a traspasar un fluido por una membrana de una alta concentración de sales a una baja concentración de sales. (López, 2014, p.23)

En la ley natural del osmosis el sistema alcanza un equilibrio entre las zonas de alta y baja concentración, cuando existe la misma concentración de sustancias en ambos lados de la membrana se le conoce como equilibrio de concentraciones, cuando existe este fenómeno y se quiere trasladar el fluido del lado de más concentración a un lado esa fuerza que induce el movimiento de la sustancia se le conoce como presión osmótica. (López, 2014, p.23)

En el proceso de osmosis si la mezcla que se diluye fuera de agua pura entonces diremos que la concentración ( $C_1 = 0$ ), cuando exista

un diferencial de alturas en las membranas y estas alcancen un equilibrio de presiones, a este equilibrio de presiones lo llamaremos presión osmótica ( $\pi_2$ ) de la mezcla concentrada. Cuando la concentración  $C_1$  sea diferente de 0, al diferencial de alturas de las membranas definiremos como presión osmótica de las dos concentraciones ( $\Delta\pi = \pi_2 - \pi_1$ ). Se considera presión osmótica nula cuando el agua es pura. (López, 2014, p.23)

Teniendo en cuenta el método anterior vamos a suponer que aplicaremos una mezcla de mayor concentración ( $C_2$ ) una presión ( $\Delta P$ ) mayor a la presión osmótica ( $\Delta\pi$ ), tendremos como resultado que el flujo del agua será transportado de una mezcla más concentrada a otra de menos concentración, a este método se le conoce como proceso de ósmosis inversa. (López, 2014, p.23)

### **Proceso industrial de ósmosis inversa**

El método de ósmosis inversa visto desde el punto industrial, el método de ósmosis es un método más simple desde el punto de implantación y operación. Para el diseño del diagrama de funcionamiento y descripción de equipos el método de ósmosis considera en su estructura de membranas tres flujos los cuales se mencionan a continuación. (López, 2014, p.24)

**Alimentación (a).** Es el caudal de alimentación de agua de mar que es forzado por una bomba de alta presión a pasar por las membranas de ósmosis inversa teniendo como resultado al otro lado de la membrana dos caudales uno de baja y otro de alta concentración. (López, 2014, p.24)

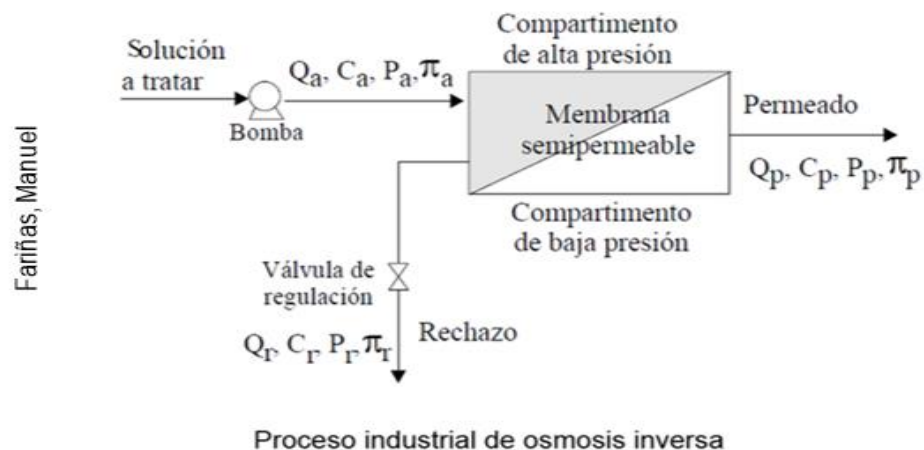
**Permeado (p).** Es el caudal que se obtiene como resultado al otro lado de la membrana con un bajo contenido de sales, a este caudal se le conoce como agua desalinizada que puede ser agua de uso industrial o agua potable. (López, 2014, p.24)

**Rechazo (r).** Es el caudal que se obtiene después de haber

atravesado la membrana con una alta concentración de sales, este caudal es el fluido que no atravesó la membrana por tener partículas de mayor tamaño. (López, 2014, p.24)

Para obtener estos dos fluidos, permeado y rechazo los equipos de osmosis inversa cuentan con una válvula reguladora de presión.

Figura 7



Para controlar el caudal de permeado depende del diferencial de presiones que se les aplica a las membranas, teniendo como resultado un agua desalinizada que suele estar en rangos de (150-500 ppm) de solidos disueltos totales (TDS). (López, 2014, p.25)

Las membranas de OI están diseñadas para resistir presiones muchos más mayores a las presiones osmóticas de las dos concentraciones de permeado y rechazo. Para una bruta de con una salinidad de 35.000 ppm, y una temperatura de 25°C, la presión osmótica oscila a un promedio de unos 25 bar, para obtener agua desalinizada (Permeado) Es necesario suministrar una presión de 62 bar de presión. (López, 2014, p.25)

Para desarrollar el método de osmosis inversa es un proceso bien simple, que solo es necesario el uso de membranas que filtren y una bomba de alta presión para forzar el paso de agua cruda de mar a atravesar las membranas. A diferencia de una planta de osmosis inversa es la unión de equipos en secuencia y el uso de



varios equipos elevadores de presión (Bombas). De no tener un sistema óptimo de filtración las membranas se verían demasiado dañadas obteniendo como resultado un caudal mucho menor y con una salinidad mayor lo cual puede afectar el proceso o la calidad de agua, para evitar el incrustamiento de las membranas las plantas de osmosis cuentan con el siguiente pre tratamientos del agua para el proceso. (López, 2014, p.26)

- Cloración de esta manera se reduce la concentración de carga orgánica y bacteriológica del agua de cruda de mar.
- Filtración por medio de filtros de arena y grava para reducir los sólidos suspendidos.
- Acidificación para reducir el pH y de esta manera evitar la formación de calcáreos.
- Filtración por medio de filtros de cartucho los cuales son especificados por el fabricante de planta de osmosis.
- En caso que el permeado sea potabilizado se debe practicar un pos tratamiento, para conseguir características y parámetros establecidos.

#### **1.3.6. Ecuaciones**

Para entender las relaciones entre los fenómenos relacionados con el método de osmosis inversa se muestran las siguientes ecuaciones.

##### **a) Coeficiente de permeabilidad de la membrana (A)**

El caudal que atraviesa la membrana (Permeado) se mide por unidad de superficie de la membrana ( $m^2$ ), el caudal en (Unidad/tiempo), la presión en (bar), la salinidad en (ppm) y la temperatura ( $^{\circ}C$ ). (López, 2014, p.26)

##### **b) Factor de recuperación (Y)**

Para determinar la cantidad de porcentaje de recuperación de

define a partir del volumen de alimentación de agua de mar, por lo que el cociente está comprendido en porcentaje, para llegar a este resultado se divide el caudal de permeado entre el caudal de aporte. (López, 2014, p.26)

$$y = 100 \cdot \frac{Q_p}{Q_a} [Ec. 1]$$

Donde:

$Q_p$  = Caudal de agua desalad.

$Q_a$  = Caudal de alimentación.

$y$  = Recuperación expresado en tanto por ciento.

$$y = \frac{Q_p}{Q_a} [Ec. 2]$$

Cuando la mayor concentración de sales se encuentra en el rechazo, la convención en un sistema da como resultado, al factor de concentración conocido como ( $F_c$ ) para un sistema de osmosis que relaciona al factor de concentración se representa con la siguiente ecuación. (López, 2014, p.26)

$$F_c = \frac{1}{1 - y} [Ec. 3]$$

El factor de recuperación de una planta de osmosis ( $Y$ ) es de una 75% esto nos indica que cada 100 m<sup>3</sup>/h, de fluido que pase por las membranas se logrará obtener un 75 m<sup>3</sup>/h, de volumen permeado y los 25 m<sup>3</sup>/h, será de rechazo también conocido como salmuera. Entonces diremos que el ( $F_c$ ) será 4, lo que nos indica que la salinidad del rechazo será mayor cuatro veces mayor al caudal de alimentación a la planta de osmosis. (López, 2014, p.27)

### c) Factor de rechazo de sales (R) y de paso de sales ( $P_s$ )

Es el factor que nos ayuda a identificar las cantidades de agua

desalada que produce la membrana, la producción de permeado siendo este el parámetro que se tiene en cuenta para la selección de la membrana y este parámetro lo da el fabricante y tipo de material del que está constituido la mayoría de membranas usan polímeros. (López, 2014, p.27)

Para determinar el factor de rechazo se utilizada la siguiente ecuación, (R) es el rechazo:

$$R = 100 \cdot \frac{C_a - C_p}{C_a} \text{ [Ec. 4]}$$

Donde:

$C_a$  = Concentración de agua cruda de mar.

$C_p$  = Concentración de agua desalinizada.

El rechazo de sales en tanto por uno (r) es:

$$r = 1 - \frac{C_p}{C_a} \text{ [Ec. 5]}$$

“El factor de paso de sales ( $P_s$ ), es el cociente, en tanto por ciento, entre la concentración de sales en el permeado y en la solución de aporte” (López, 2014, p.27).

$$P_s = 100 \cdot \frac{C_p}{C_a} \text{ [Ec. 6]}$$

Entonces el paso de sales será en un tanto por uno (p) es:

$$p = \frac{C_p}{C_a} \text{ [Ec. 7]}$$

#### **d) Concentración de permeado ( $C_p$ ) y concentración de rechazo ( $C_r$ )**

“Es importante conocer la concentración de rechazo en el diseño de una planta de ósmosis inversa para establecer la forma de

eliminación de un caudal, que según los casos puede ser importante y potencialmente contaminante” (López, 2014, p.28).

Concentración de permeado:

$$C_p = (1 - R) \frac{C_a + C_p}{2} [Ec. 8]$$

Concentración de rechazo:

$$C_r = R \cdot \frac{C_a}{1 - Y} [Ec. 9]$$

“A través de esta fórmula [Ec. 9] se ve también claramente cómo se puede influir en la calidad del rechazo para que no cree problemas en su eliminación, decidiendo desde el diseño de la instalación el tipo de membrana a elegir y la conversión del sistema” (López, 2014, p.28).

#### **e) Flujo de disolvente ( $J_a$ ) y flujo de soluto ( $J_s$ )**

Las presiones que actúan para lograr el paso de disolvente (Agua) y soluto (Sales) por toda la estructura de la membrana son:

Gradiente de presiones, disolvente

Gradiente de concentraciones, Solute

“Experimentalmente se comprueba que el flujo de disolvente (caudal por unidad de superficie) o flujo de agua ( $J_a$ ), es proporcional a la presión neta de trabajo (net driving pressure NDP)” (López, 2014, p.29).

$$J_a = A \cdot NPD = A(\Delta P - \Delta \pi) [Ec. 10]$$

Donde:

$J_a$  = Flujo de solvente  $m^3 / (m^2 \cdot \text{día})$ .

$A$  = Coeficiente de permeabilidad de la membrana  $m^3 / (m^2 \cdot \text{día} \cdot \text{bar})$ .

$\Delta P = (P_a - P_p)$  diferencial de presión en lados de membrana (bar).

$\Delta P = (\pi_a - \pi_p)$  diferencial de presiones osmóticas en lados de membrana (bar).

“El factor  $A$  es característico de cada membrana y depende de varios factores como son: el espesor y material de la membrana, la temperatura, la presión, el pH, el factor de conversión y la concentración salina de la solución” (López, 2014, p.29).

En la ecuación [Ec.10] nos indica que en cuanto la presión de trabajo en la membrana sea mayor tendremos mayor producción de permeado, otro caso que tiene el mismo comportamiento es el coeficiente de permeabilidad al aumentar la carga tendrá el mismo comportamiento por lo tanto es necesario aumentar la presión neta de trabajo (López, 2014, p.29).

Para encontrar el soluto de sales que pasan por la membrana, se calcula con la siguiente ecuación.

$$J_s = J_a \cdot C_p = B(C_m - C_p) + M \cdot J_a \cdot C_m = B \cdot \Delta C + M \cdot J_a \cdot C_m \quad [Ec. 11]$$

Siendo:

$J_s$  = Flujo de soluto  $kg / (m^2 \cdot \text{día})$ .

$J_a$  = Flujo de solvente o agua  $m^3 / (m^2 \cdot \text{día})$ .

$B$  = Coeficiente de permeabilidad de la membrana al soluto  $m^3 / (m^2 \cdot \text{día} \cdot \text{bar})$ .

$C_m$  = Concentración de soluto en superficie de la membrana ( $kg / m^3$ ).

$M$  = Coeficiente de acoplamiento (adimensional), tiene un valor próximo a 0,005 para la mayoría de las membranas.

$\Delta C$  = Gradiente de concentraciones a través de la membrana ( $\text{kg/m}^3$ ).

$C_p$  = Concentración del soluto en el permeado en ( $\text{kg/m}^3$ ).

El flujo de soluto es la suma de dos contribuciones, la primera  $B \cdot \Delta C$  = Es debida a su difusión molecular y es proporcional al gradiente de concentraciones a través de la membrana. La segunda es conectiva debida al arrastre que produce el solvente. (López, 2014, p.30).

#### **f) Balance de materia**

Balance de disolvente (agua):

$$Q_a = Q_p + Q_r \text{ [Ec. 12]}$$

Balance de soluto (sal):

$$Q_a \cdot C_a = (Q_p \cdot C_p) + (Q_r \cdot C_r) \text{ [Ec. 13]}$$

#### **1.3.7. Membranas de ósmosis inversa**

Una planta de osmosis puede agrupar una cantidad determinada de membranas de acuerdo al caudal requerido, de acuerdo a su funcionabilidad y de los distintos rangos de trabajo se debe seleccionar una membrana. El uso de membranas industrialmente están diseñadas para soportar distintas presiones de operación para lo cual se adopta distintas formas de instalación y configuración. (López, 2014, p.30).

“La membrana de ósmosis inversa está estructurada y empaquetada cuidadosamente para su integración en los módulos. Tanto el soporte como el empaquetado tienen como objetivo maximizar el flujo de agua a través de la membrana, minimizando

el paso de sales” (López, 2014, p.31).

Tabla 9

Elaboración propia

PARÁMETROS	TIPOS	
Estructura	Simétricas Asimétricas	
Naturaleza	Integrales Compuestas de capa fina	
Forma	Planas Tubulares Fibra hueca	
Composición química	Orgánicas Inorgánicas	
Carga superficial	Neutras Cationicas Aniónicas	
Morfología de la superficie	Lisas Rugosas	
Presión de trabajo	Muy baja Baja Media Alta	
Técnica de fabricación	De máquina	Inversión de fase Policondensación entre fases Polimerización plasma
	Dinámicas	

Clasificación de las membranas de osmosis inversa

El empaquetado sirve para mitigar la caída de presión en las cargas, así como también evitar en lo posible a lo que se conoce como polarización por concentración, que a su vez se deriva de la concentración de sales dentro del área de la membrana, es por eso que para realizar un diseño mecánico de un sistema con membranas, se debe tener en cuenta que las membranas deben tener una libertad para el paso de coloides o partículas, de manera que el ensuciamiento sea mínimo en las membranas, el ensuciamiento provoca pérdidas de permeado mayor resistencia de las membranas lo que provoca que permitan el paso de una

mayor cantidad de sales. (López, 2014, p.32)

Para el diseño de las membranas los objetivos que la mayoría de fabricantes buscan son:

- Que el rendimiento de las membranas sea el máximo.
- Que el sistema sea lo más pequeño posible.
- Que los fenómenos de polarización sean mínimos.
- Cuando se necesite realizan el reemplazo de membranas sea lo más sencillo posible.
- Facilidades en el proceso de limpieza química de membranas.

A continuación, se muestra los tipos de membranas.

- Módulos de placas tubulares.
- Módulos de fibra hueca.
- Módulos de espirales.

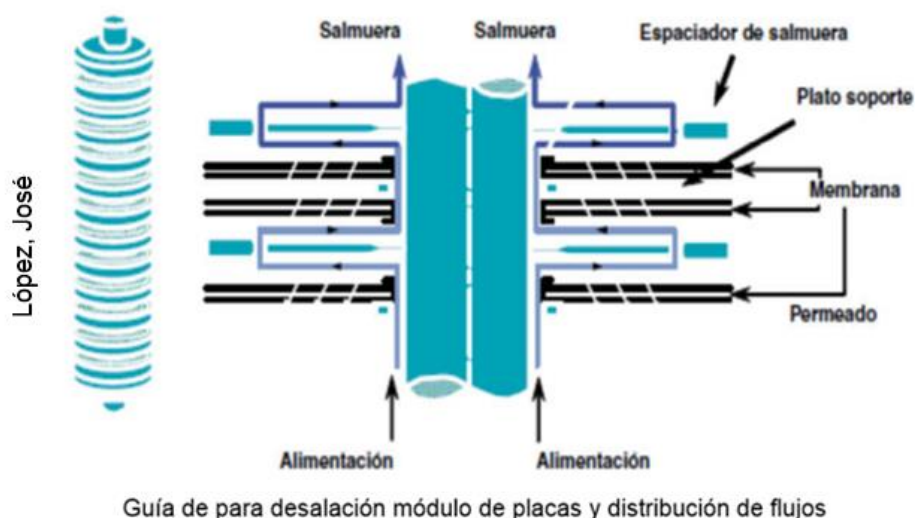
#### **a) Módulos de placas y tubulares**

Los módulos de placas y tubulares corresponde la tecnología de osmosis en sus inicios, ambas tecnologías presentan una menor densidad de empaquetado, con este sistema se consigue un menor costo de la membrana, si las comparamos con las membranas más modernas como son los enrollamientos de fibra hueca y espiral. La aplicación de esta tecnología tiene una aplicación más sobresaliente en las industrias alimentarias para la producción de zumos, otra aplicación que tiende a ser más usada es para el tratamiento de aguas residuales. (López, 2014, p.32)

También existe la aplicación plato-marco, esta es la primera que se dio uso, consiste en una membrana plana colocada dentro de un marco ya sea en forma de círculo o de rectángulo, la cual actúa como soporte las membranas están distribuidas en ambos lados de un plato que recoge el permeado producido. (López, 2014, p.33)



Figura 8



El principio de funcionamiento que presenta la membrana placa marco, es que la membranas cual está instalada dentro de un tubo que normalmente está hecho de PVC, y configurado para soportar presiones de trabajo de las membranas, el fluido es este caso el agua ingresa por la parte interior de la membrana se realiza el proceso de ósmosis y se obtiene el agua producto por el exterior por un conducto con especie de tubo, este producto cae al fondo del contenedor y por medio de una tubería se recibe el producto final. (López, 2014, p.33)

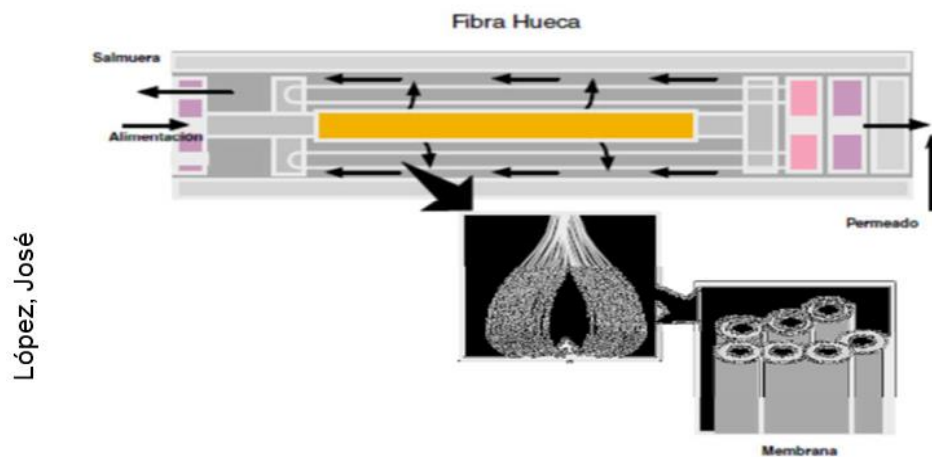
## b) Módulos de fibra hueca

El método de membranas de fibra hueca tiene una particularidad que esta produce su propia estructura de soporte, la porosidad de estas membranas es tan delgada que no son perceptibles al ojo humano tienes un tamaño de  $84\text{ }\mu\text{m}$ , medida aproximada del diámetro de un cabello humano. Estas fibras se agrupan en tubos en forma de "U" y están abiertos en cada extremo de la tubería, estos tubos están cubiertos por una placa de epoxy. El grupo de fibras están encapsuladas dentro de un recipiente a presión, el agua ingresa por un punto centro de los dos extremos de la tubería. (López, 2014, p.33)

El volumen se reparte de forma uniforme y radial dentro del conjunto de fibras, de tal manera que el agua producto se penetra por las paredes de la fibra y fluye por el hueco que se deriva hasta el extremo contrario del contenedor de presión, el agua de rechazo que no pudo penetrar la fibra es conducida por el otro extremo del contenedor. (López, 2014, p.33)

Esta configuración representa la mayor densidad posible de empaquetado de membrana con la mayor relación de producción de agua por volumen ocupado. No obstante, esta alta densidad de empaquetado deja poco espacio entre las fibras, por ello en este caso las partículas o (TDS) fluyen con mayor dificultad a través de las fibras provocando problemas de ensuciamiento que son difíciles de solucionar y provocan la consiguiente disminución de rendimiento. (López, 2014, p.33)

Figura 9



Guía de desalación módulo de fibra hueca

### c) Módulos espirales

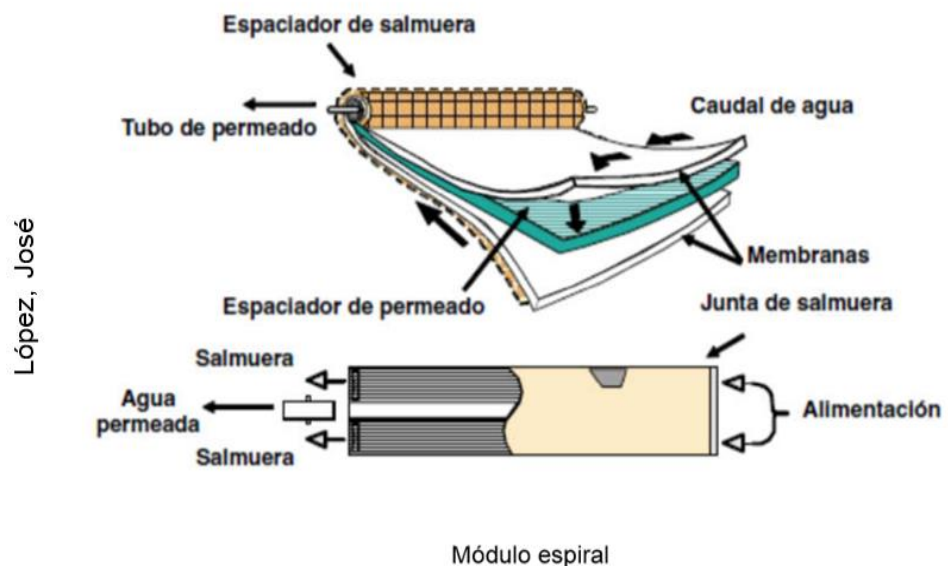
Hoy en día las plantas las plantas de osmosis inversa están implementadas por módulos en forma de espiral y están constituidas de la siguiente manera.

Se fabrican en forma de lámina sobre un material soporte, que, en el caso de las actuales membranas de multicapa delgada, T.F.C. (Thin Film Composite), suele ser un poliéster tejido-no tejido. Dos de estas láminas u hojas se agrupan entre sí, pero opuestas y separadas por un espaciador que actúa como canal para el flujo de permeado. (López, 2014, p.33)

Ambos lados y uno de los extremos de este conjunto, se sellan mediante unos cordones o líneas de pegamento para formar un conjunto de varias capas a modo de "sobre". El extremo abierto (no pegado) está conectado con el tubo encargado de recoger el permeado, alrededor del cual se arrolla el sobre para formar la espiral. (López, 2014, p.33)

Cuando se instala más de una membrana dentro del contenedor estas están entrelazadas por medio de un espaciador plástico con oring's en cada extremo a fin de evitar pérdida de permeado.

Figura 10



Las membranas se instalan en contenedores cilíndricos (Housing) los cuales son capaces de soportar altas presiones de operación de la planta hasta 65 (bar). La alimentación a las membranas se realiza por un extremo de la membrana y esta fluye en la misma dirección del tubo de permeado, el agua de aporte es conducida por todo el trayecto de espiral el agua con menos partículas lograra penetrar por el tubo centro de la membrana teniendo como resultado agua desalada o permeado el otro restante del agua que no logra pasar por la membrana realiza su recorrido toda la membrana a este fluido se le conoce como salmuera o rechazo con un alto contenido de sales. (López, 2014, p.33)

#### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo se elabora la propuesta de implementación de una planta de osmosis inversa para producir agua desalada, plataforma petrolera marina Albacora, Tumbes 2016?

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

El presente estudio tiene como objetivo identificar la importancia que tiene la implementación de una planta de osmosis inversa en la plataforma Petrolera Marina Albacora, para cubrir la demanda de 45 M<sup>3</sup> por día, esta agua es utilizada para el arrastre de materia inorgánica producto de la limpieza de tuberías de pozos al mismo tiempo refrigeran a los de equipos de limpieza de ductos, preparación de lodo de perforación el agua es mezclada con productos químicos los cuales son inyectados por medio de electrobombas para controlar la presión manométrica del pozo, actualmente el abastecimiento de agua dulce o desalada se realiza a través de embarcaciones las cuales transportan el agua desde tierra y mediante un sistema de bombeo (trasvase) lo hacen llegar a plataforma, este proceso hace que se eleve el costo de agua por M<sup>3</sup> puesto en plataforma.

##### **Tecnológica**

El proyecto propone una innovación tecnológica para la plataforma petrolera marina Albacora, donde actualmente no existe una fuente de abastecimiento de agua desalada.

Para conseguir los objetivos de abastecimiento de agua potable, aplicaran tecnologías limpias y eficientes como es la desalación por medio de osmosis inversa, la provisión de energía para el proceso será por medio de un generador eléctrico a gas natural producido en la misma plataforma.

El proyecto contribuye así a dotar de agua desalada para las distintas áreas de la plataforma siendo el área de perforación la que requerirá la mayor parte de la producción de agua.

## **Económica**

Con la implementación de la planta de osmosis inversa se analizará el impacto en el costo y beneficio, ya que en la actualidad el agua es transportada en buques desde tierra hasta la instalación lo cual eleva el costo por m<sup>3</sup> puesto en la plataforma, se dice que las plantas de osmosis inversa consumen demasiada electricidad en este proyecto la energía eléctrica para los equipos auxiliares y módulo de osmosis inversa será proveída por un generador eléctrico a gas natural, este combustible es producido en la misma estación por lo cual sería más rentable para realizar dicho proceso de desalado.

## **Ambiental**

El problema de la desalinización y los cuestionamientos que se hacen a los procesos de desalinización es qué pasa con el agua sobrante llamada rechazo (salmuera).

“Se cree que contamina, pero no es así. Lo que hace la ósmosis es un cambio de concentraciones. Una planta puede devolver la mitad del agua captada del mar con una mayor concentración de sal” (Carreras, 2013, p.56).

## **1.6. HIPÓTESIS**

Con la implementación de una planta de osmosis inversa, se logra dar solución al problema de abastecimiento de agua desalada, en la plataforma petrolera marina Albacora.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Elaborar una propuesta de implementación de una planta de osmosis inversa para la producción de agua para la plataforma petrolera marina Albacora, Tumbes 2016.

### **Objetivos específicos**

- Identificar las necesidades y restricciones para el abastecimiento de agua dulce en plataforma, mediante una planta de osmosis inversa.
- Determinar la selección y descripción de las distintas partes que conforman la planta de osmosis inversa y su funcionamiento.
- Determinar la producción de agua obtenida y su evaluación económica.

## **II. METODO**

### **2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

- **No experimental:**

Porque para el desarrollo de del proyecto se realiza sin alterar manipular la variable de operacionalización, de los fenómenos que se observan, y se plasman tal cual su forma natural, para luego estudiarla.

- **Descriptivo, analítico y explicativo:**

Porque se recopilo datos e información de documentación de eventos existentes dentro del área de estudio, luego se analizará los resultados del estudio y son estos quienes permitan dar la solución, se recopila información de libros, trabajos anteriores de diferentes personas, sobre desalinización de agua de mar, tema del cual se estudió este proyecto de tesis.

### **2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN**

#### **2.2.1 Identificación de Variables**

##### **Variable Dependiente**

Implementación de planta de osmosis inversa

##### **Variable Independiente**

Producir agua desalada



### 2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Instrumentos	Escala de Medición
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE.</b>  <b>Planta de osmosis inversa</b>	<p>La osmosis inversa es el proceso en el cual se aplica una presión mayor a la presión osmótica, esta presión es ejercida en el compartimiento que contiene la más alta concentración de sólidos disueltos. Esta presión obliga al agua a pasar por la membrana semi-permeable en dirección contraria al del proceso natural de Osmosis.</p> <p>(Benavides,2011,p.21)</p>	<p>El sistema de captación y desalado de agua tiene como objetivo tomar el agua cruda de mar con una salinidad típica de 40,000 ppm, y por medio de micro filtración se logrará disminuir la concentración de sólidos disueltos. Obteniendo agua fresca (dulce).</p>	<p>Consumo de energía eléctrica.</p> <p>Sistema de control del módulo.</p> <p>Caudal de inyección de agua desalada.</p>	<p>Formato de parámetros de funcionamiento de planta de osmosis inversa</p>	<p>Razón</p> <p>Proporción</p>

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  <b>Producir agua desalada</b>	<p>Es el proceso mediante el cual se eliminan las sales y minerales disueltos en las aguas salobres o agua de mar con la finalidad de obtener agua dulce para el consumo de los seres vivos o para el uso de procesos. (López, 2014, p. 8)</p>	<p>En esta etapa el agua desalada que proveniente de la planta de ósmosis, se depositará en un tanque del cual será distribuido por medio de electrobombas hacia los diferentes puntos de la plataforma.</p>	<p>Caudal de alimentación de agua de mar.</p> <p>Caudal de agua producida.</p> <p>Salinidad del agua producida.</p>	<p>Formato de parámetros de calidad del agua desalada</p>	<p>Razón</p> <p>Proporción</p>
--	--	--	---	---	--------------------------------

## 2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

### **Población:**

La población a la cual se realizará el estudio es la plataforma petrolera marina Albacora, perteneciente a la Empresa Pacific Rubiales Energy Perú.

### **Muestra:**

La muestra considerada en este estudio es la que de acuerdo a la información recabada en la plataforma son indispensables 45 m<sup>3</sup> por día.

## 2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

### 2.4.1. Técnicas de Recolección de Datos.

- a. **Observación:** Se utiliza esta técnica para poder reconocer de manera directa las condiciones de la ubicación exacta donde se instalará la planta de osmosis inversa y de equipos auxiliares.
- b. **Revisión documentaria:** Es la técnica en donde podremos conocer de forma más detallada los requerimientos y necesidades y condiciones en las que se encuentra dicho objeto a investigar, en este caso el consumo de agua desalinizada para los distintos usos, en la plataforma.
- c. **Informes:** Se considerará los estudios previos reportes y/o investigaciones realizadas sobre desalinización de agua de mar mediante ósmosis inversa.

#### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.**

- a) Guías de Observación:** Es el instrumento vital para identificar la ubicación donde se realizará la instalación de planta de osmosis inversa con esta técnica se logrará identificar las acciones a tomar y las condiciones a tener en cuenta.
- b) Guía de Revisión de Documentación:** Por medio de esta técnica se logrará recopilar toda la información relacionada con el proyecto a implementar estas informaciones pueden ser, libros, estudios realizados, tesis de pregrado, internet.

#### **2.4.3. Validez y Confiabilidad**

Los instrumentos de medición son válidos y confiables dado que son registros de trabajo de la empresa Pacific Rubiales.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Identificar las necesidades y restricciones para el abastecimiento de agua dulce en alta mar, mediante una planta de osmosis inversa.**

La plataforma petrolera Albacora está ubicada dentro de la plataforma continental dentro de la región del Océano Pacífico en Sur América al noroeste de Perú y costa afuera en la región de Tumbes a 29 km de la caleta la cruz. (Pacific Rubiales, 2014, p.6)

El acceso hacia las instalaciones de la plataforma se realiza únicamente por vía marítima, por intermedio de embarcaciones que transportan al personal de operaciones y mantenimiento, productos, materiales y equipos los cuales son utilizados en los distintos trabajos que se realizan en la plataforma albacora. (Pacific Rubiales, 2014, p.6)

El proyecto nace al identificar la gran demanda de agua que se consume por día, actualmente el agua es transportada en embarcaciones desde muelle la cruz, donde el agua industrial se hace llegar hasta cabeza de muelle, luego se espera que se embarcación se ancle en apoyos ubicados en cabeza de muelle, posterior de realiza el trasiego de agua hacia contenedores instalados en la embarcación, posterior se realiza el transporte hacia la locación, una vez la embarcación en la locación procede a bombear fluido hasta la plataforma o hasta embarcaciones contiguas que sirven como almacenamiento de agua para su posterior uso ya sea para servicios básicos de los tripulantes como para los distintos trabajos que realizan en plataforma, como preparación de lodo de perforación, o para la preparación de salmuera para la limpieza de tubería de pozos petroleros. (Pacific Rubiales, 2014, p.6)

Todo este proceso se realiza dentro de condiciones ambientales normales un detalle que se tuvo en cuenta para el desarrollo del proyecto,

es que en época de fuerte oleaje o marea por disposición de la marina de guerra, se procede a cerrar muelle lo que significa que al cerrar muelle, que ninguna persona o embarcación se apegue a cabeza de muelle, por lo que esto dificulta el abastecimiento de agua en la plataforma con la planta de osmosis inversa se evitarían todos estos contra tiempos con lo cual garantiza que los trabajos continúen de acuerdo al plan de trabajo estipulado. (**Ver anexo 3**). Se aprecia plataforma albacora, buque tanque de almacenamiento de crudo de producción y embarcación que transporta agua para el abastecimiento del buque y plataforma.

Para la identificación de las características técnicas de la planta desalinizadora que propone implementar en la plataforma se identificó el consumo de agua, luego el espacio y ubicación en donde sería instalada y por último el área que se necesita para la implementación de planta desaladora teniendo en cuenta su ubicación la toma de agua de captación y rechazo de agua salmuera. (Tasman Sea Recovery, 2015)

Se identificó que el consumo diario de agua para servicios básicos y trabajos de perforación, coliled tubing, que aproximadamente de 45 M<sup>3</sup>, (**ver anexo 4**) para suplir esta demanda se contempla la implementación de una planta con capacidad de 60 m<sup>3</sup>/d. Se contempla esta capacidad dado que los 60 m<sup>3</sup>/d. Se logra con una operación de 24 horas ininterrumpidas, este dato se da dentro del funcionamiento ideal, la planta tendrá periodos que se tendrá que parar la operación, para realizar retrolavado de filtro de arena, cambio de filtros de cartucho, mantenimientos, en caso de que se note presencia de buzos artesanales se tendrá que parar planta por seguridad. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Para la elección de la planta de osmosis se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Planta de osmosis debe ir instalada en el primer nivel de plataforma, la razón porque que el primer nivel está más próximo al nivel mar eso facilita la toma de agua para el proceso, y descarga de agua de rechazo o también llamado salmuera, de verifco que el lado sureste de plataforma hay un área que se asemeja al área que total del skid de osmosis inversa que es de 21 m<sup>2</sup>, este dato fui muy importante para identificar el tipo de planta que se debería de usar. (**Ver anexo 5**)

Un detalle que también se tuvo en cuenta para la ubicación de la planta es que la zona sureste es una zona donde hay poca afluencia de personal que se dirige a segundo y tercer nivel de plataforma, también se tuvo en cuenta que el área esta distante de mesa de cabezales por lo cual hace que sea un área adecuada para su instalación ya que para este método de osmosis es indispensable el uso de altas presiones. (**Ver anexo 6**)

### **3.2. Determinar la selección y descripción de las distintas partes que conforman la planta de osmosis inversa y su funcionamiento.**

El proceso de desalinización por medio de osmosis inversa contempla las distintas etapas que de describen a continuación mediante un diagrama de flujo que se inicia desde la captación de agua mar hasta llegar al objetivo principal que obtener agua dulce o desalinizada, esta agua dulce será transportada hacia un tanque de almacenamiento con una capacidad de 500 litros este tanque estará instalado dentro del skid de osmosis para que de esta manera aprovechar la presión con la que sale el permeado desde las membranas, este fluido posteriormente será bombeado por bombas de agua desalada instaladas dentro del skid hacia el sistema principal de distribución luego estos distribuirán hacia los distintos puntos de la plataforma y embarcaciones a las cuales se les abastecerá con agua desalada.

Para mayor entendimiento líneas abajo se considera una vista de planta para descifrar los distintos componentes de planta de agua desalada, (**Ver anexo 7**). Para el grafico se tomó como referencia porque el sistema es para un sistema de inyección de calentada portal efecto solo se excluye el calentado eléctrico para nuestro diseño. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Para entender la lógica de secuencia de equipos que conforman planta desalinizadora se consideró un diagrama de flujo (**Ver anexo 8**). En la figurase detalla las distintas etapas y que se necesitan para llegar a producir agua desalada todos estos equipos estarán instalado en un skid de 13 M<sup>2</sup> con excepción de bombas sumergibles, las cuales estarán sumergidas a 12 metros desde primer nivel de plataforma. (Tasman Sea Recovery, 2014)

#### **a) Selección y cálculo de bombas.**

Para las tuberías de agua cruda de alimentación a la planta de osmosis desde bomba de captación hasta nivel de plataforma se utilizará tubería bridada de 3 pulgadas de acero inoxidable. La tubería que se utilizara a nivel de plataforma será PVC SCH 80, de 1 ½" de diámetro tipo de tubería y diámetros son recomendados por fabricante (PARKER Sea Recovery), se utilizara este material debido a una excelente resistencia química y corrosiva teniendo en cuenta que le fluido que transporta es altamente corrosivo. (Benito y otros, 2010, p.43)

Para determinar el cálculo de la potencia necesaria que se debe utilizar para transportar el fluido se utiliza la siguiente formula.

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot n}$$



Siendo:

- $P$  = Potencia de bombeo (Kw)
- $Q$  = Caudal de fluido a bombear ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- $H$  = Altura en metros para transportar el fluido (m)
- $\rho$  = Densidad específica del agua de mar ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ )
- 367 = Constante
- $n$  = Rendimiento óptimo de la bomba

Para calcular la altura manométrica se empleará la siguiente fórmula que se muestra a continuación:

$$H = \Sigma F + \Delta Z + \Delta P$$

Siendo:

- $H$  = Altura en metros (m)
- $\Sigma F$  = Pérdidas de carga (m)
- $\Delta Z$  = Distancia entre la succión y descarga (m)
- $\Delta P$  = Diferencial entre succión y descarga (m)

Para el cálculo de potencia de los equipos de trasiego se realizará teniendo en cuenta un flujo sobredimensionado con un valor del 15%, para asegurarse que el margen de falla o error sea el adecuado, para garantizar su funcionalidad de los equipos, esto se realiza en caso se alteren las condiciones de trabajo. (Benito y otros, 2010, p.43)

El cálculo para pérdidas de flujo dentro del sistema por circulación se debe aplicar la fórmula de Fanning.

$$\Sigma F = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

Siendo:

- $\Sigma F$  = Pérdida de flujo por rozamiento en la tubería (m).
- $f$  = Coeficiente de rozamiento.
- $V$  = Velocidad (m/s)
- $L$  = longitud de la conducción (m)
- $g$  = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- $D$  = Diámetro (m)

Para hallar el coeficiente de rozamiento se utiliza la siguiente formula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left( \frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

Siendo:

$F$  = Coeficiente de rozamiento  
 $\epsilon$  = Rugosidad del material (m)  
 $D$  = Diámetro de la tubería (m)  
 $Re$  = Cantidad de Reynolds

Para el cálculo de Reynolds se utiliza la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

Siendo:

$\rho$  = Densidad del agua de mar (Kg/m<sup>3</sup>)  
 $v$  = Velocidad de fluido (m/s)

$D$  = diámetro de la tubería (m)

$\mu$  = viscosidad del agua (Kg/m· s)

### **Captación de agua de mar**

La captación de agua tiene como objetivo tomar el agua cruda de mar con una salinidad de 33,469 ppm, según resultados de análisis de agua de mar realizados en la instalación, pre tratarla y disminuir la concentración de sólidos disueltos, hasta conseguir agua fresca (dulce) con una salinidad máxima de 500 ppm. (Tasman Sea Recovery, 2014)

La captación de agua de mar estará provista por bombas electrosumergible vertical, estas electrobombas estarán situadas a 12 metros de profundidad desde el primer nivel de la plataforma. Para el diseño se ha considerado instalar dos electrobombas (Principal y secundaria) con la finalidad de que cuando una de estas falle, mediante un selector ubicado en el tablero de alimentación de electrobombas se lograra dar funcionamiento a electrobomba de reserva de esta forma no se indispondrá a la planta de ósmosis inversa, para el diseño de la torre de captación de agua de mar teniendo en cuenta de la corriente del agua va en sentido horizontal y para evitar el arrastramiento de peces los equipos (Electrobombas sumergibles/ conductora) estarán instalados en forma vertical (**Ver anexo 9**), se dispondrá de rejillas para impedir el ingreso de sólidos que puedan causar daños el electrobombas.(Tasman Sea Recovery, 2014)

### **Calculo de bomba de captación**

De acuerdo al cálculo de alimentación de agua a la planta de osmosis, el caudal de alimentación será de  $7,9 \text{ m}^3/\text{h}$  con una velocidad de  $1,8 \text{ m/s}$  para calcular la sección de la tubería de circulación del fluido se realizará de la siguiente manera:

$$Sección = \frac{Caudal}{Velocidad} = \frac{7,9(m^3/h)}{6,480(m/h)} = 1.21m^2$$

Por tanto el diámetro de la conducción será:

$$Diámetro = \sqrt{\frac{4 \cdot Sección}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00123(m^2)}{\pi}} = 0,039m$$

Si la aceleración del fluido es de 1,8 m/s con una circunferencia de 0,04 m, en este caso el número de Reynolds será:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{1020(Kg/m^3) \cdot 1,8 \left(\frac{m}{s}\right) \cdot 0,039(m)}{0,001(Kg/m \cdot s)} = 7344$$

Hallando la cantidad de Reynolds y con el coeficiente de rugosidad PRFV de 0,000021, se calcula con la ecuación, Colebrook-White de la cual nos da como resultado de rozamiento de 0,0105.

Para encontrar las pérdidas por conducción de caudal se aplica la fórmula de Fanning, se tiene como resultado 12,6 metros. La pérdida de flujo en los equipos de la planta de osmosis en el método de micro filtración es de 15 metros, las pérdidas de carga en un filtro multimedia serán de 5 metros. La diferencia entre espacios de la tubería será de 40 metros y el diferencial de presión entre succión y descarga desde la toma se considera despreciable. (Benito y otros, 2010, p.43)

De tal manera la altura será:

$$H = 12(m) + 8(m) + 40(m) = 60 m$$

El según manual de referencia contempla la instalación de 2 electrobombas de captación de agua de mar, una principal y una de stand-By, con un caudal de alimentación de 7.9 m³/h, y con rendimiento de 0.88% por cada bomba, para determinar la potencia de suministro

para las dos bombas se realizará con siguiente formula: (Benito y otros, 2010, p.43)

$$P = \frac{7.9(m^3/h) \cdot 60(m) \cdot 1,02(Kg/l)}{367 \cdot 0,85} = 1.54 Kw$$

Para la potencia que se necesita para suministra a cada bomba se considera un factor rendimiento de los motores de 88% de acuerdo a tabla de motor.

$$P = \frac{1.54(Kw)}{0,88} = 1.76 Kw$$

Considerando un factor de seguridad de 2, por lo tanto nuestras bombas serán de 3.52 kw.

Para la selección de la bomba de captacion de agua de mar se busco una bomba que alimente a la planta con un caudal de 35 gpm y con una altura manometrica de 12 metros a una presion de 17 psi, como se muestra en el siguiente grafico.

Características del motor y bomba de agua de mar. (**Ver anexo 10**)

### **Selección de bomba de captacion de agua de mar**

Para la selección de la bomba de captación de agua de mar se tomó en cuenta el caudal de aporte que estima fabricante de planta de osmosis inversa (Tasman Sea Recovery) donde determina que para lograr un caudal de 11 gpm de permeado, es necesario un caudal de alimentación de agua de mar de 35 gpm, y con una presión de ingreso al módulo de osmosis inversa de 14 psi.

Para obtener un caudal de 35 gpm se seleccionó una bomba; Marca FLYGT; Modelo DS2720.280, de fabricación argentina, la cual aporta una caudal alimentación de 2,2 (l/s), y con una altura de descarga de 12

metros se logra obtener una presión de descarga de 14 psi, (**Ver anexo 11**) todos los lineamientos para la implementación de la planta de osmosis se siguieron de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de planta de osmosis inversa.

### **Módulo de osmosis inversa**

El módulo de osmosis inversa está constituido por un conjunto compacto, en el cual se encuentran instalados todos los equipos que intervienen en la desalinización (**Ver anexo 12**), el equipo está compuesto por bomba booster, filtro multimedia, filtros de 20 micras, filtros de 05 micras, bomba de alta presión y membranas semipermeables, el sistema de control está compuesto electroválvulas actuadores de tres vías, las cuales son utilizadas para la etapa de retrolavado, transductores de presión los cuales censan las presiones de todo el sistema, estas presión están programadas a un set de trabajo que pueden accionar la parada del de la planta ya sea por alta presión o por baja presión.(Tasman Sea Recovery, 2014)

El modulo también cuenta con swicht de alta y baja presión estos actúan de acuerdo a un set trabajo, sensores de conductividad, este sensor está ubicado en la línea de permeado al momento del arranque deriva la producción de agua hacia la línea de rechazo luego de un tiempo y cuando la salinidad del agua es menor a 500 ppm deriva el flujo hacia el tanque de agua producto, sensor de flujo, este dispositivo indica el caudal de alimentación en forma digital en el panel de control del módulo, válvula BPRV está en una válvula mecánica con la cual se regula la presión en las membranas y es directamente proporcional, a mayor presión mayor caudal de permeado. (Tasman Sea Recovery, 2014)

El modulo está equipado con una válvula de control de flujo, esta válvula debe estar regulada con un caudal menor al que se produce porque el tanque de agua producto viene equipado con un sensor de nivel el cual

envía la señal de parada cuando el nivel del tanque en mínimo, este sistema se activa para que bomba de agua desala siga trabajando aun cuando el tanque se quede vacío. (Tasman Sea Recovery, 2014)

En el cuadro siguiente se indica los parámetros de funcionamiento de todos los equipos e instrumentos necesarios para producir agua desalada para garantizar la operación del módulo es indispensable conocer todos los parámetros de funcionamiento (**Ver anexo 13**). Para tal efecto el modulo viene integrado con un panel de control en donde se detallan todo el diagrama de la planta y los puntos de señales distribuidas dentro de todo el sistema. (Tasman Sea Recovery, 2014)

La planta de osmosis inversa está diseñada para trabajar en modo manual y en modo automático, cuando el modulo funciona en modo automático cuando el diferencial del filtro multimedia  $\leq 25$  PSI, el modulo se detiene, luego el controlador envía la señal de modo automático para que se realice retrolavado una vez completado el ciclo de retrolavado, se normaliza la posición de electroválvulas y modulo vuelve a encender en secuencia, primero enciende bomba de captación de mar, luego de 5 segundos enciende la bomba booster, por ultimo después de 5 minutos enciende bomba de alta presión. (Tasman Sea Recovery, 2014)

### **Bomba Booster**

La bomba booster recibe el caudal de la bomba de captación de agua de mar y está ubicada dentro del módulo de osmosis inversa en la encargada de levantar una presión de hasta 82 psi, presión necesaria para vencer las tres etapas de filtración como son filtro de arena y grava, filtros de cartucho de 20  $\mu\text{m}$ , filtros de cartucho de 05  $\mu\text{m}$ , la presión de ingreso a bomba de alta presión esta presión debe ser  $\geq 25$  PSI, de lo contrario se activa protección del módulo y planta para por baja de presión. (Tasman Sea Recovery, 2014)

En este sistema la bomba booster se utilizará para realizar el contralavado de filtro multimedia, para realizar este ciclo actúan las electroválvulas ubicadas al ingreso y salida de filtro multimedia su accionamiento se puede realizar de forma manual o automático. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Características y selección de bomba booster. (**Ver anexo 14, 15**)

### **Cálculo de bomba booster**

La bomba booster está incluida dentro de etapa de filtración antes de la bomba de alta presión, su parámetro de operación es de 80 Psi aproximadamente.

Para encontrar la altura se tendrá en cuenta el diferencial de presión y las pérdidas que ocasionan a su paso por la tubería de 10%.

$$H = 122 \text{ (m)} + 23 \text{ (m)} = 145 \text{ m}$$

El flujo de suministro es de  $7.9 \text{ m}^3/\text{h}$  con una aceleración de  $1,8 \text{ m/s}$ , para encontrar la sección de la tubería se calcula de la siguiente manera.

$$Sección = \frac{Caudal}{Velocidad} = \frac{7.9 \text{ m}^3/\text{h}}{6.480 \text{ (m/h)}} = 0,0012 \text{ m}^2$$

Por tanto el diámetro de la conducción será

$$Diámetro = \sqrt{\frac{4 \cdot Sección}{\pi}} = \frac{4 \cdot 0,0012 \text{ (m}^2\text{)}}{\pi} = 0.039 \text{ m}$$

Se instalará 1 bomba centrífuga con una capacidad de bombeo de  $7.9 \text{ m}^3/\text{h}$  con un factor de rendimiento de 85% para determinar fuerza a suministrar se calcula de la siguiente manera.



$$P = \frac{7.9(m^3/h) \cdot 145(m) \cdot 1,02(Kg/l)}{367,0,85} = 3,74 Kw$$

Para la potencia que se necesita para suministra a cada bomba se considera un factor rendimiento de los motores de 95% de acuerdo a tabla de motor.

$$P = \frac{3.74(Kw)}{0,85} = 4.4 Kw$$

Por tanto, el consumo total del motor será de 4.4 Kw.

### **Filtro multimedia (Arena y grava)**

El filtro multimedia o filtro de arena son muy eficientes para atrapar solidos suspendidos o sustancias orgánicas, Estas sustancias se filtran a través de todo el espesor de la arena contenida en el filtro de arena acumulando grandes cantidades de contaminantes. El filtro de arena es la segunda etapa de prefiltración protectora de las membranas semipermeables, su función específica es atrapar aquellas partículas suspendidas en el agua de mar, el filtro multimedia atrapa partículas hasta un diámetro de 50 µm. El grado de ensuciamiento, se ve reflejado en el diferencial de presión, una vez alcanzado el límite máximo de ensuciamiento realiza, contravalado llamado también retrolavado que no es otra cosa que derivar el caudal a la inversa del filtro multimedia. (Benito y otros, 2010, p.13)

Este sistema de filtrado por medio de arena está compuesto en su interior por, arena de cuarzo, arenillas plástico las cuales están distribuidas por capas desde las más fina que va en la parte superior del filtro, hasta la más gruesa que va en la parte inferior, todo este material filtrante está contenido en compartimiento que están hechos de fibra de vidrio u otro material según diseño de proyecto, el medio filtrante está integrado en el

interior del filtro, el cual se encuentra distribuido en la misma orientación y compactado de manera que todas las partículas en suspensión quedan atrapadas en la parte superior del filtro, de esta manera se obtendrá la calidad de agua deseada. (Benito y otros, 2010, p.14)

Para el proceso de filtración se fuerza a el agua de mar a pasar por el filtro de arena para conseguir agua con una calidad de 50  $\mu\text{m}$  de solidos suspendidos. Durante la etapa de filtración de agua de mar, la arena se encuentra fuertemente comprimida, el agua de mar ingresa por la parte superior mediante unas toberas distribuye el agua por toda el área del filtro, el flujo debe vencer la resistencia de la arena, la presión de ingreso al filtro está comprendida (78 a 82 Psi). El filtro de multimedia recibe el flujo de bomba booster, para identificar el grado de ensuciamiento del filtro se tomará muestra de presión al ingreso y descarga de filtro, su mantenimiento o limpieza se realiza por medio de retrolavado y este se realizará cuando el diferencial de presión es igual a 25 PSI. El retrolavado se realizará en dos tiempos uno de 5 minutos, en donde se invierte el sentido del flujo, y otro de 15 minutos a flujo normal que es llamado enjuague. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Características de filtro multimedia (**Ver anexo 16**)

- **Funcionamiento de filtro multimedia**

Los filtros de arena y grava son muy confiables para filtrar contaminantes orgánicos e inorgánicos contenidos en las aguas, estos filtros tienen una alta capacidad de retener sólidos suspendidos. La función principal del filtro multimedia en nuestro proceso será atrapar partículas mayores a 50  $\mu\text{m}$ , estos filtros son auto limpiables por medio de retrolavado y su limpieza se puede definir cuando el  $\Delta p$  sea  $\leq 25$  psi.

### **Filtros de cartucho de 20 micras**

Tercera etapa de filtración, filtros de 20  $\mu\text{m}$ , son de cartucho y son reemplazados cuando  $\Delta P \leq 25$  PSI. Se utiliza dos unidades de filtros por cada cambio que se realice. Estos filtros están ubicados después de filtro multimedia. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Características de 20 micras. (**Ver anexo 17**)

- **Funcionamiento de filtros de 20 micras**

Estos filtros reciben un caudal con una cantidad de partículas suspendidas en el agua de mar  $\leq$  a 50 micras que son entregadas del filtro multimedia. El fluido ingresa por la parte inferior exterior del filtro (Filtros Verticales), se filtra hacia el interior con una cantidad de partículas  $\leq$  a 20 micras.

### **Filtros de cartucho de 05 micras.**

Los filtros de 05  $\mu\text{m}$  son la última etapa de filtración, están instalados antes de la bomba de alta presión su función es evitar de paso de partículas mayores a 05  $\mu\text{m}$ , el paso de partículas mayores provocará un daño severo a las membranas. Los filtros de cartucho consistirán en unos cilindros de PRFV dentro de los cuales irán ubicados los elementos filtrantes. Éstos estarán contruidos en polipropileno bobinado y contarán con un alma o cuerpo central tubular sobre el que se enrolla el material filtrante, de modo que las partículas quedarán retenidas en la superficie y el agua pasará a través de la superficie filtrante hacia el tubo central. En esta planta se optará por la instalación de éstos dispositivos en disposición vertical puesto que de este modo el espacio ocupado es menor. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Filtros de 5 y 20 micras. (**Ver anexo 18**)

Al contrario que los otros sistemas de filtrado, los filtros de cartucho no se limpian, por lo que cuando se detecta un ensuciamiento que impida su correcto funcionamiento han de ser sustituidos. Cabe destacar que, en esta planta, debido a la existencia de un pre tratamiento mediante microfiltración, el ensuciamiento de los filtros de cartuchos será menor que en otras instalaciones. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Además de los filtros que se instalarán en la línea de agua a tratar, se instalará otro filtro en la línea del sistema de limpieza CIP de las membranas de ósmosis. De este modo se evitará el posible daño que pudiese ocasionar partículas contenidas en las disoluciones de limpieza. En la siguiente figura se muestran las unidades filtrantes, así como su disposición dentro de los filtros. (Tasman Sea Recovery, 2014)

El diseño de estos filtros se basa en la velocidad de filtración y una vez fijada ésta y conociendo el área de los elementos filtrantes, considerando el caudal a tratar se obtiene el número de éstos. En nuestro sistema se utilizará dos unidades de filtros de acetato de celulosa. (Tasman Sea Recovery, 2014)

- **Funcionamiento de filtros de 05 micras.**

Los filtros de 05 micras reciben el fluido de los filtros de 20 micras con un tamaño de partículas  $\leq$  a 20 micras, mantiene el mismo sistema el agua ingresa por la parte inferior externa del filtro, luego el agua filtrada es conducida por una tubería al interior del filtro, el agua filtrada atraviesa el filtro y lo entrega con un tamaño de  $\leq$  a 05 micras, tamaño de partículas recomendado por fabricante de bomba de alta presión, un tamaño mayor sería perjudicial para el funcionamiento de la planta de osmosis. (Tasman Sea Recovery, 2014)

## Bomba de alta presión

La bomba de alta presión es la encargada de suministrar la energía necesaria al fluido proveniente de los filtros de 5 micras, para producir 11 gpm permeado es necesario que levante una presión de (760-780 Psi) el fluido atraviesa las membranas semipermeables en donde se realiza el intercambio de agua salada ha permeado. La presión de la bomba se regula mediante una válvula mecánica (BPRV). El caudal de permeado es directamente proporcional a la presión de descarga de las membranas. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Características de bomba de alta presión. (**Ver anexo 19**)

## Calculo de bomba

Bomba de alta presión es la encargada de levantar la presión necesaria para para vencer el paso de las membranas su rango de trabajo es de 800 Psi, y diseñada para un tiempo de uso de 5 años aproximadamente. (Benito y otros, 2010, p.46)

Para encontrar la altura se tendrá en cuenta el diferencial de presión y las pérdidas que ocasionan a su paso por la tubería de 10%.

$$H = 620(m) + 8(m) + 3,6(m) = 651.6 m$$

El flujo de suministro es de  $7.9 \text{ m}^3/\text{h}$  con una aceleración de  $1,8 \text{ m/s}$ , para encontrar la sección de la tubería se calcula de la siguiente manera.

$$Sección = \frac{Caudal}{Velocidad} = \frac{7,9(m^3/h)}{6480(m/h)} = 0,00123m^2$$

Por tanto el diámetro de la conducción será:

$$Diámetro = \sqrt{\frac{4 \cdot Sección}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0012(m^2)}{\pi}} = 0.039m$$

Se instalará 1 bomba centrífuga con una capacidad de bombeo de 7.9 m<sup>3</sup>/h con un factor de rendimiento de 95% para determinar fuerza a suministrar se calcula de la siguiente manera.

$$P = \frac{7.9(m^3/h) \cdot 651.6(m) \cdot 1,02(Kg/l)}{367,0,95} = 15.06 Kw$$

Considerando un rendimiento de los motores del 95% la potencia que habrá que suministrar a cada uno será:

$$P = \frac{15.06(Kw)}{0,95} = 15.85Kw$$

Por tanto, el consumo total del motor será de 15.85 Kw.

### **Membranas semipermeables**

Una membrana tiene un área "micro porosa" que rechaza las impurezas y que no impide el paso del agua. La membrana rechaza las bacterias, pirógenos, de (85%-95%) de sólidos inorgánicos. Los iones "polivalentes" son rechazados más fácilmente que los iones "monovalentes". Los sólidos orgánicos con un peso molecular superior a 300 ppm, son rechazados por la membrana, pero los gases pasan a través. La ósmosis inversa es una tecnología de rechazo en porcentaje. La pureza del agua producida depende de la pureza del agua. La pureza del agua producida por la ósmosis inversa es más grande que en el agua de alimentación.

Características de membranas. (**Ver anexo 20**)

### **Tanque de agua desalada**

El tanque de almacenamiento de agua desalada tiene una capacidad de almacenamiento de 500 litros y estará ubicado dentro de skid de osmosis inversa. La ubicación es con la finalidad para aprovechar la presión de descarga de las membranas. El tanque está equipado con un swicht de nivel para para evitar que cuando se quede sin fluido bomba de agua desalada continúe en funcionamiento. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Características de tanque de agua desalada. (**Ver anexo 21**)

### **Bombas de agua desalada**

Las bombas de agua desalada impulsaran el agua desalada producida desde un tanque de almacenamiento hacia los diferentes puntos de la instalación, se instalaran dos bombas centrifugas de con un flujo de inyección de 11 GPM, este caudal es controlado por válvula de control de flujo instalada a la descarga de línea de agua desalada, el set point de esta válvula debe ser menos al caudal de producción de agua producida porque tanque de agua está equipado con sensor de nivel que manda señal de parada a bomba cuando el nivel de agua en el tanque sea mínimo. (Tasman Sea Recovery, 2014)

Características de bombas de agua desalada. (**Ver anexo 22**)

### **Calculo de bomba**

Son las encargadas de bombear el agua desalada desde el tanque de almacenamiento hacia los puntos de distribución su rango de trabajo de es de 65 Psi. (Benito y otros, 2010, p.46)

Para encontrar la altura se tendrá en cuenta el diferencial de presión y las pérdidas que ocasionan a su paso por la tubería de 10%.

$$H = 620(m) + 8(m) + 3,6(m) = 650m$$

El flujo de suministro es de  $2.5 \text{ m}^3/\text{h}$  con una aceleración de  $2000 \text{ m/h}$ , para encontrar la sección de la tubería se calcula de la siguiente manera.

$$Sección = \frac{Caudal}{Velocidad} = \frac{2.5(m^3/h)}{2000(m/h)} = 0,0125m^2$$

Por tanto el diámetro de la conducción será:

$$Diámetro = \sqrt{\frac{4 \cdot Sección}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0125(m^2)}{\pi}} = 0.0398m$$

Se considera 2 bombas con una caudal de inyección  $2.5 \text{ m}^3/\text{h}$  con factor de rendimiento de 88% para determinar fuerza a suministrar se calcula de la siguiente manera.

$$P = \frac{2,5(m^3/h) \cdot 650(m) \cdot 1,02(Kg/l)}{367.0,88} = 5.13Kw$$

Considerando un rendimiento de los motores del 88% la potencia que habrá que suministrar a cada uno será:

$$P = \frac{5.13(Kw)}{0,88} = 5.83Kw$$

La carga se que se debe suministrara motores de bomba de agua desalada principal y secundario se una potencia de 11.66 Kw.

Características de bombas de agua desalada. (**Ver anexo 23**)



### 3.3. Determinar la producción de agua obtenida y estudio económico.

Para determinar el cálculo de caudal, de alimentación al módulo, caudal de permeado y caudal de rechazo se realizó mediante las formulas, partiendo en un dato principal como es el caudal de alimentación a panta de osmosis quien lo establece es el fabricante, en este caso solo se determinará el caudal de permeado y caudal de rechazo el cual nos dará como resultado en (Gpm), luego se convertirá a metro cúbico como se indica en (tabla 20).

Determinaremos el caudal de agua de rechazo (Salmuera)

$$11 = 35 - Cr = 24 \text{ Gpm}$$

Para llegar al resultado partimos de los datos de fabricante de planta de osmosis quien indica que el caudal de alimentación debe ser 35 gpm, para obtener un caudal de 11 gpm, como caudal de agua desalinizada, realizando la ecuación nos da como resultado que el proceso desechara un caudal continuo de 24 gpm, de agua de rechazo y 11gpm de agua desalinizada.

Cuadro para el cálculo de producción de agua. (**Ver anexo 24**)

En la (tabla 20) para el cálculo de los caudales se consideró funcionamiento de la planta a 24 horas, para el desarrollo de cálculo de la producción de agua se realiza la conversión de gpm/m<sup>3</sup>, a metros cúbicos que da como resultado de 264,2m<sup>3</sup>/m.

- Caudal de alimentación.

$$35gpm * \frac{1m^3}{264.2gpm} = 0.13 \text{ m}^3/m$$

Entonces para determinar el caudal de captación de agua de mar por día se multiplica a 0.13 por 60 minutos que hace una hora por el total

de horas en el día tiempo en que esté en funcionamiento la planta de osmosis.

- Caudal de permeado.

$$11gpm * \frac{1m^3}{264.2gpm} = 0.04 m^3/m$$

Entonces para determinar el caudal de captación de agua de mar por día se multiplica a 0.04 por 60 minutos que hace una hora por el total de horas en el día tiempo en que esté en funcionamiento la planta de osmosis.

- Caudal de rechazo.

$$24gpm * \frac{1m^3}{264.2gpm} = 0.09 m^3/m$$

Entonces para determinar el caudal de captación de agua de mar por día se multiplica a 0.09 por 60 minutos que hace una hora por el total de horas en el día tiempo en que esté en funcionamiento la planta de osmosis.

### **Análisis económico del proyecto**

Para poder desarrollar el análisis de costo beneficio del proyecto para la propuesta de implementación de la planta desalinizadora, se toma en cuenta el costo de inversión, precio de metro cubico de agua industrial en tierra.

Cuadro de precio de agua industrial. (**Ver anexo 25**)

## DETALLE DE COSTO DE LA PLANTA DE OSMOSIS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
1	ELECTROBOMBA DE ALTA PRESION GRUNDFOS	1	UN	S/.17,000
2	MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD LINEA CREATE	1	UN	S/.5,100
3	ESTRUCTURA DE FIERRO A36 C/PINTURA EPOXICA	1	UN	S/.42,160
4	PORTAMENBRANA FRP 8X40	2	UN	S/.2,210
5	MEBRANA 8X40	6	UN	S/.2,448
6	PRE FILTROS DE SEDIMENTOS 4,5"X20"	3	UN	S/.612
7	ROTAMETROS ACRILICOS (PERMEADO, CONCENTRADO Y RECICLO	3	UN	S/.1,224
8	MANOMETROS DE 0-100 PSI C/GLICERINA	2	UN	S/.2,380
9	MANOMETROS DE 0-300 PSI C/GLICERINA	2	UN	S/.2,380
10	DOSIFICADORA SEKO (ANTICRISTANTE) Y TANQUE	1	UN	S/.6,120
11	TABLERO DE CONTROL CON PLC	1	UN	S/.4,080
12	PORTAFILTRO Y FILTRO DE SEDIMENTOS 4.5"X20"	3	UN	S/.2,346
<b>SISTEMA DE PRESURIZACIÓN</b>				
13	TANQUE HIDRONEUMATICO FRP 0-100 PSI, TANQUE DE ALMACENAM	1	UN	S/.7,596
<b>SISTEMA PRE-TRATAMIENTO</b>				
14	TANQUE 30"X72" - 15 PIES FRP (MULTIMEDIA Y CARBON ACTIVO	2	UN	S/.15,640
15	ELECTROBOMBA SASOMS HSS	2	UN	S/.12,240
16	MEDIO FILTRANTE 15 PIES3 (GRAVA, ANTRACITA, GARMET ARENA)			S/.250
17	MEDIOS FILTROS 15 PIES 3 (CARBON ACTIVADO GRANULAR)			S/.250
18	KIT COMPLETO TOBERA SUPERIOR, INFERIOR, TUBO CEBTRAL Y TA	2	UN	S/.8,160
19	VALVULA MAGNUM IT 293/742 L FILTRO 15XTIEMPO	2	UN	S/.2,380
20	TRANSFORMADOR , ADAPTADOR, RESTRICTOR DE FLUJO	1	UN	S/.1,240
21	ESTRUCTURA DE FIERRO A36C/PINTURA EPOXICA	1	UN	
<b>SERVICIO DE INSTALACION</b>				
22	INSTALACION, MATERIALES, Y ACCESORIOS DE PVC			S/.2,500
23	MANO DE OBRA			S/.8,149
24	TRANSPORTE			S/.6,791
25	PROGRAMACION DE CABEZALES			S/.2,100
26	PUESTA EN MARCHA			S/.3,500
<b>TOTAL</b>				<b>S/.158,855</b>

## EVALUACION ECONÓMICA

Cuadro de Retorno de Inversión						
Tasa de Interes 10%						
Columna1	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Costo de inversion de la planta	S/.158,855					
<b>GASTOS CON AGUA SIN OSMOSIS</b>		<b>127,773</b>	<b>127,773</b>	<b>127,773</b>	<b>127,773</b>	<b>127,773</b>
COSTO DE AGUA		104,318	104,318	104,318	104,318	104,318
GASTOS POR MANTENIMIENTO		23,455	23,455	23,455	23,455	23,455
<b>GASTOS CON AGUA CON OSMOSIS</b>		77,066	77,066	77,066	77,066	77,066
COSTO DE AGUA		64,222	64,222	64,222	64,222	64,222
GASTOS POR MANTENIMIENTO		12,844	12,844	12,844	12,844	12,844
<b>FLUJO</b>	-158,855	50,707	50,707	50,707	50,707	50,707

TIR	17.92%
VAN	S/.33,365

Retorno de Inversión	3.00	Años
	1.00	Meses

Se realizó el análisis económico con un horizonte de 5 años una tasa de interés de 10%.

## CÁLCULO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se calculó el TIR y VAN para una tasa de interés del 15 %, con una proyección de 10 años.

$i = 10\%$  ;  $n = 5$  años ; Flujos de caja (Ingreso – egresos)

### CÁLCULO DEL VAN

$$VAN = -X_0 + \left( \frac{X_1}{(1+i)} + \frac{X_2}{(1+i)^2} + \frac{X_3}{(1+i)^3} + \frac{X_n}{(1+i)^n} \right)$$

$X_0 = \text{Inversión inicial} = 158\,855$  soles

La empresa tiene un flujo de 50 707 soles.

$X_1 = 50\,707$  soles =  $X_n$

Cabe mencionar que se toma en cuenta algunos gastos, como mantenimientos.

$$\begin{aligned} VAN &= -159\,855 \\ &+ \left( \frac{50\,707}{(1+0.10)} + \frac{50\,707}{(1+0.10)^2} + \frac{50\,707}{(1+0.10)^3} + \frac{50\,707}{(1+0.10)^4} \right. \\ &\quad \left. + \frac{50\,707}{(1+0.10)^5} \right) \\ &= 33\,365 \end{aligned}$$

**$VAN \geq 0$** ; El VAN al ser positivo significará que el proyecto si debe darse ya que si será una inversión rentable.

### CÁLCULO DEL TIR

Para el cálculo del TIR, el VAN se iguala a 0 y se toma los mismos flujos de caja del VAN.

$$VAN = -X_0 + \left( \frac{X_1}{(1+i)} + \frac{X_2}{(1+i)^2} + \frac{X_3}{(1+i)^3} + \frac{X_n}{(1+i)^n} \right)$$

$$0 = -158\,855 + \left( \frac{50\,707}{(1+i)} + \frac{50\,707}{(1+i)^2} + \frac{50\,707}{(1+i)^3} + \frac{50\,707}{(1+i)^4} + \frac{50\,707}{(1+i)^5} \right)$$

$$i = 17.92\%$$

El TIR es mayor que la tasa de interés, por lo tanto, es factible el proyecto.

Para esta evaluación hemos considerado también el pago mensual por los 5 años de recupero de la inversión y detallamos los pagos que poder realizar durante este periodo. (**Ver anexo 26 y 27**)

#### **IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

- 4.1.** En su tesis José López, realiza un estudio donde determina la implementación de una planta de osmosis inversa con una capacidad de 62m<sup>3</sup>, donde indica que la fuente de alimentación eléctrica a su planta de osmosis será por medio de generadores eléctricos a diésel lo que incrementa el precio por metro cubico de agua producida, en nuestro caso nuestra planta será alimentada por generadores eléctricos a gas natural producido en la misma plataforma, otra ventaja que con nuestro proyecto pretendemos es que en nuestro afán de contribuir con el medio ambiente en nuestro proceso no utilizamos productos químicos como metamisulfito de sodio, cloro, si bien el proceso es el mismo por medio de osmosis inversa el producto final es distinto.
- 4.2.** En su tesis Marcelo Montes, realiza un estudio de factibilidad económica de una palta de osmosis alimentada con energía alterna para la producción de agua potable, en su análisis económico llega a la conclusión que el precio de agua producida por la planta de osmosis es el mismo precio de las empresas que abastecen a la ciudad, en nuestro estudio nuestra tasa de inversión en recuperada en 3 años, teniendo en cuenta que la planta propuesta tendrá una vida útil de 10 años, si referimos 3 años para pagar la inversión tendremos 7 años de utilidad para la empresa, sino también se garantiza la operatividad de la misma.
- 4.3.** En su tesis José Moreno, plantea la automatización de las plantas de osmosis inversa con lo cual aumenta la productividad, y confiabilidad del equipo, Moreno refiere una planta automatizada requiere menos mantenimiento, un operario que puede desempeñarse en otras funciones porque puede monitorear la planta desde un centro de control, a lo cual estoy de acuerdo en nuestro proyecto la planta de osmosis propuesta cuenta con un sistema de control que va desde presiones, salinidad, caudales, los cuales censan un funcionamiento anómalo una baja o alta

presión estos paran la panta con ello se evita fallas mayores, con ello también no se necesitan de otros equipos para realizar el monitoreo como Conductividad, TDS, pH.



## V. CONCLUSIONES

- 5.1. Se determinó que se debe implementar una planta de osmosis inversa con una producción de 60 m<sup>3</sup>/día volumen de agua desalinizada de uso industrial. La planta de osmosis inversa estar ubicada en el primer nivel, al lado sureste de la plataforma de la Plataforma marina Albacora, el skid de osmosis ocupará un área de 13 m<sup>2</sup>, adicionalmente se considera 1 m<sup>2</sup> por lado lo cual sería de tránsito peatonal ya sea para personal de mantenimiento o de operador, entonces el área total para la implementación de planta de osmosis inversa será de 21 m<sup>2</sup>.
- 5.2. Se seleccionaron los distintos tipos de bombas de captación dio como resultado 1.76 Kw, una de reserva de 1.76 Kw; bomba de alta presión 20.04 Kw, bomba Booster 4.4 Kw, bomba de permeado 6.3 Kw aca también se agregó una bomba de reserva de 6.3 Kw, en total la potencia instalada 40.56 Kw, además filtro multimedia de arena y grava, filtro de cartucho de 20 y 5 micras de 4.5"x10", y tiene 3 membranas de 4" de diámetro y 80 centímetros de longitud.
- 5.3. La planta va producir 60m<sup>3</sup> de agua industrial, se tomó como referencia los costos de la zona y el costo de inversión asciende a S/ 158 855 soles, el cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno es de 17.92% y el Valor Actual neto mejor dicho el VAN es de S/ 33 365 soles. Además, se calculó el pago mensual durante los 5 años, tomando como referencia la tasa efectiva anual de 10% y una tasa nominal de 9.57% con una tasa efectiva mensual de 0.8%, obteniendo cuota mensual de S/ 3341.61.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Según nuestro desarrollo el agua desalada que se logrará producir con la implementación de la planta de osmosis tiene un bajo índice de salinidad bajo índice de contaminantes bajo índice de minerales esta no es apta para el consumo humano, el agua producida es netamente solo para el uso industrial y de servicios higiénicos, lavandería, duchas. Este estudio contempla la utilización de agua para el uso de los diferentes trabajos el agua sobrante se puede utilizar para utilizarla para el lavado de crudo producido en la estación.

Debido al área en donde se instalara la planta de osmosis es altamente corrosiva se recomienda que planta de osmosis baya encapsulada en un ambiente cerrado y bajo techo porque esta se ubicara en el primer de plataforma para de esta manera protegerla del agua que pueda caer desde el segundo nivel ya sea por trabajos que se realicen o por lluvias, de esta manera lograr aumentar la vida de las distintas partes que conforman tales como, sensores de flujo, sensores de conductividad, transductores de presión, swicht de alta y baja presión, válvulas actuadoras tablero de control, etc. Cada vez que baje la producción de agua desalada se debe cambiar el set point de válvula de control de flujo para evitar que tanque de agua almacenamiento de agua producto se quede vacío. Cada vez que se aprecie gran cantidad solidos suspendidos se debe parar planta de osmosis para evitar el ensuciamiento prematuro de medio filtrante del módulo y de las membranas. Se debe buscar una tasa de interés más baja para que el recupero de la inversión sea en menos tiempo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RIOS, Orellana. Diseño de una Planta Desalinizadora por Ósmosis Inversa. Guayaquil. 1983, 177 pp.
- MORENO, JOSÉ. Diseño de Planta de Tratamiento de Agua de Osmosis Inversa para la Empresa DOBER OSMOTECH de Colombia Ltda. Santiago de Cali. 2011, 136 pp.
- MONTES, Marcelo. Prefactibilidad Técnica y Económica de una Planta desaladora de Agua para la Minería Alimentada con Energía Generada por una Planta de Concentración solar. Santiago de Chile, 2011, 137 pp.
- LOPEZ, José. Diseño de Planta de Tratamiento de Agua Potable por Ósmosis Inversa para un Buque de Pasaje. 2015. 147. pp.
- BENITO, Marcos, CARBALLO, Marcos, OTERO, Adrian, RUIZ, Marta. Diseño de una Desaladora de Mar de 60.000 m<sup>3</sup>/día con Pretratamiento de Ultrafiltración. 2010, 164 pp.
- ALBAINA, Ainhoa. Tecnologías Sostenibles sobre la Gestión del Agua: La Desalación. Estudio del Caso en la Zona Costera del Mediterráneo. España. 2007, 361 pp.
- SOTO, Guido, SOTO, Manuel. Desalación de Agua de Mar Mediante Sistema de Ósmosis Inversa y Energía Fotovoltaica para la Provisión de Agua Potable en Isla Damas, Región de Coquimbo. Chile. 2012, 71 pp.
- INGENIERIA PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE. fundamentos de Ósmosis Inversa (RO) [s.l]
- NUNES, Jesús. Diseño Conceptual de una Planta Portátil de Desalinización de Agua de Mar Con Energía Alterna. Bolivia. 2006, 71 pp.
- CAMINATI, Alessandra, CAQUI, Rocío. Análisis y Diseño de un Sistema de Tratamiento de Agua para Consumo Humano y su Distribución en la

Universidad de Piura. Perú. 2013, 235 pp.

- MARTÍNEZ, Andrés. Diseño de una Planta Desaladora en el Municipio Telde (Canarias). España. 2014, 198 pp.
- SIRVENT, José. Diseño de una Planta de Osmosis Inversa para 100m<sup>3</sup>/día de Agua Subterránea. España. 2011, 21 pp.
- PIÑA, Carlos. Desalación de Agua de Mar Efectos de Temperatura y Concentración del Agua de Alimentación en el Proceso de Desalación por Ósmosis Inversa. México. 2010, 88 pp.
- FARIÑAS, Manuel. Osmosis Inversa. Fundamentos, Tecnología y Aplicaciones (Libro). Mc Graw Hill, 1999.
- Tasman Sea Recovery 60m<sup>3</sup> T-2 Digital (Manual PN B653200001 - SO#22757 Initial Release). 2014, 439 pp.
- GARCIA, Esperanza, BALLESTEROS, Enric. El impacto de las plantas desalinizadoras sobre el medio marino: la salmuera en las comunidades bentónicas mediterráneas.
- Manual. Bombas de drenaje, FLIGHT, 90 pp. [www.flygt.com](http://www.flygt.com)
- Report, Water Desalination. 19 (s.l)
- Global water intelligence, 2009, vol. 45
- ORTEGA, Juan. La ósmosis inversa como proceso de potabilización en España, 2008, 32 pp.
- JARA, Wilmer. Estudio comparativo de plantas de desalinización para el abastecimiento de agua en la ciudad de Ica. Perú, 2007, pp 9.

## ANEXOS

### 1. Coordenadas de Planta de osmosis

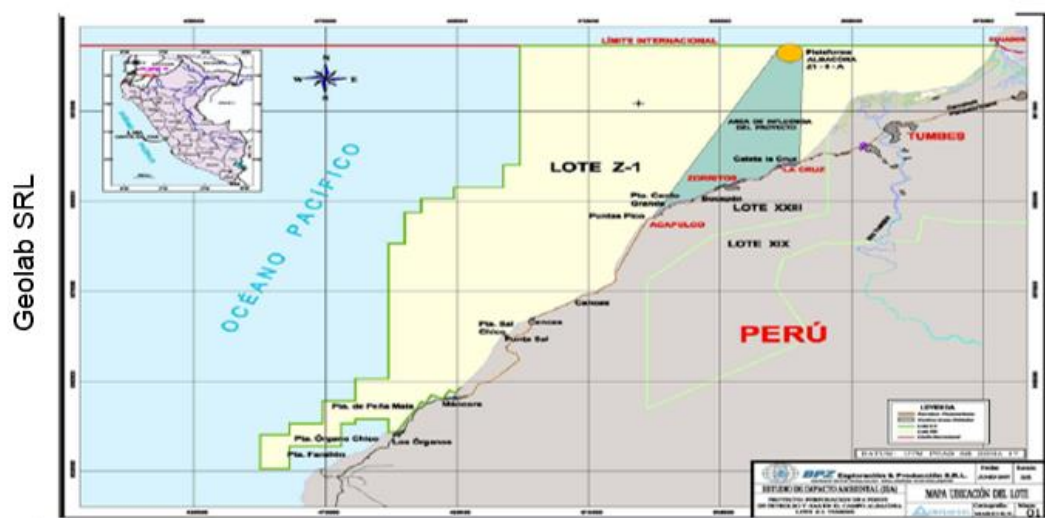
Tabla 10

Geolab SRL	Coordenadas	Norte (m)	Este (m)	Profundidad de Agua
	UTM (PSAD 56)	9 622 969,000	545 593,000	103 pies 31,4 m
	UTM Grid System	9 622 929,640	546 373,286	
	PTM (1956 DATUM)	1 713 050,917	212 826,726	
	EPF	138 789,000	82 479,310	

Coordenadas de Plataforma Marina Albacora

### 2. Ubicación de Plataforma Albacora

Figura 11



Ubicación de la Plataforma Petrolera Marina Albacora

### 3. Plataforma Albacora

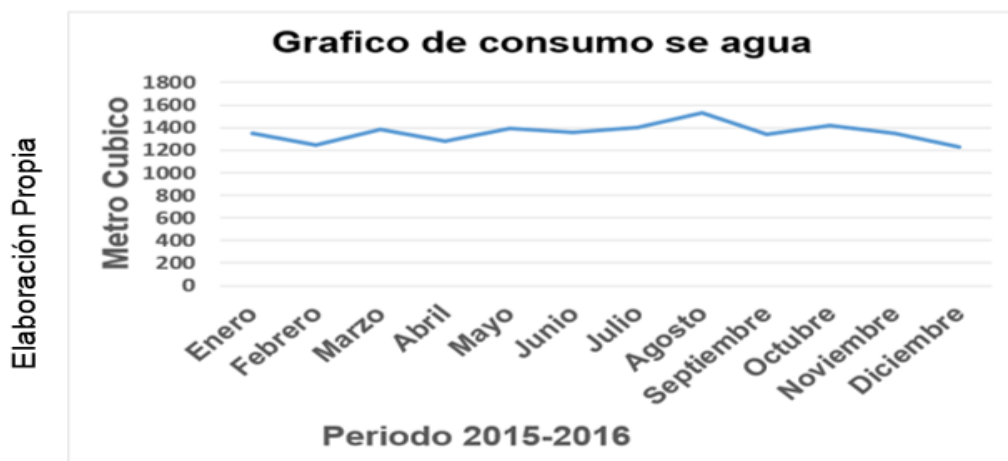
Figura 12



Plataforma Petrolera Marina Albacora

### 4. Consumo de agua anual de agua industrial

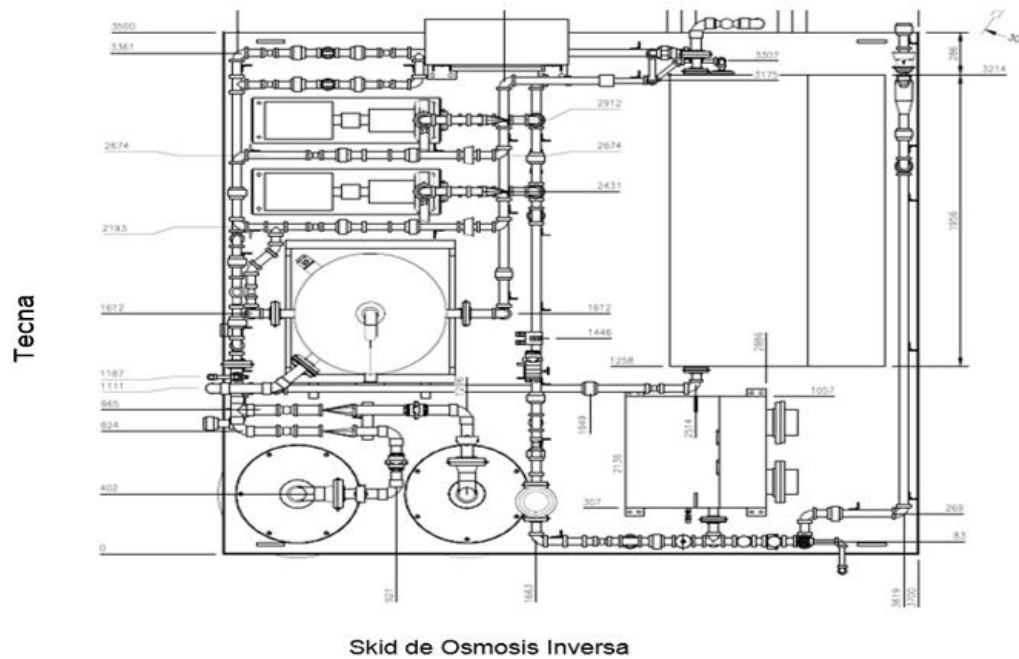
Figura 13



Consumo Anual de Agua Industrial Plataforma Albacora

## 5. Área para planta de osmosis

Figura 14



## 6. Aérea libre para implementación de planta de osmosis.

Figura 15

Fuente: Elaboración propia (2016)

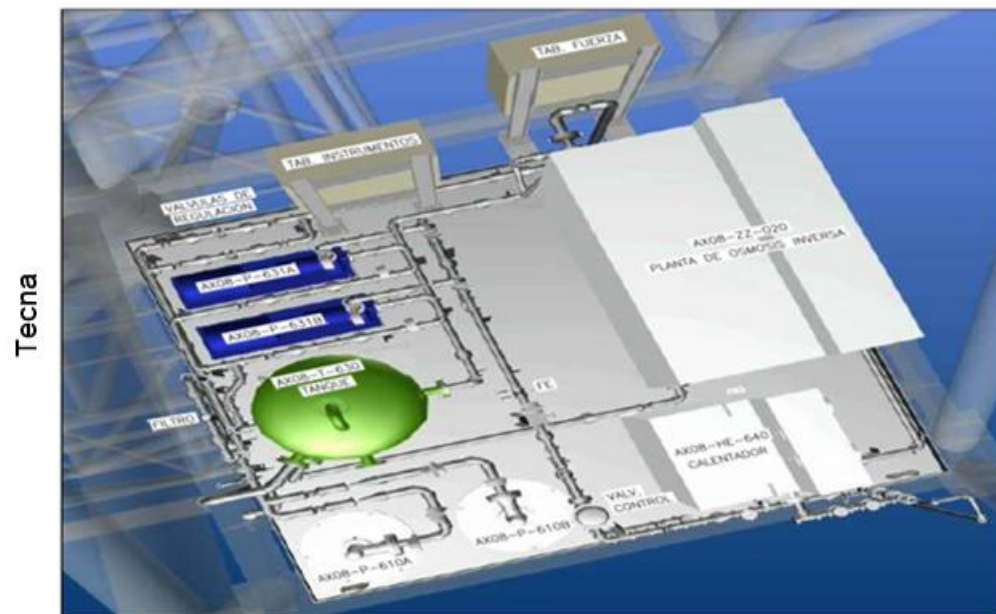


Área Seleccionada para la implementación de planta de osmosis



## 7. Vista de planta de osmosis

Figura 16



Componentes de planta de ósmosis inversa

## 8. Diagrama de flujo de planta de osmosis

Figura 17

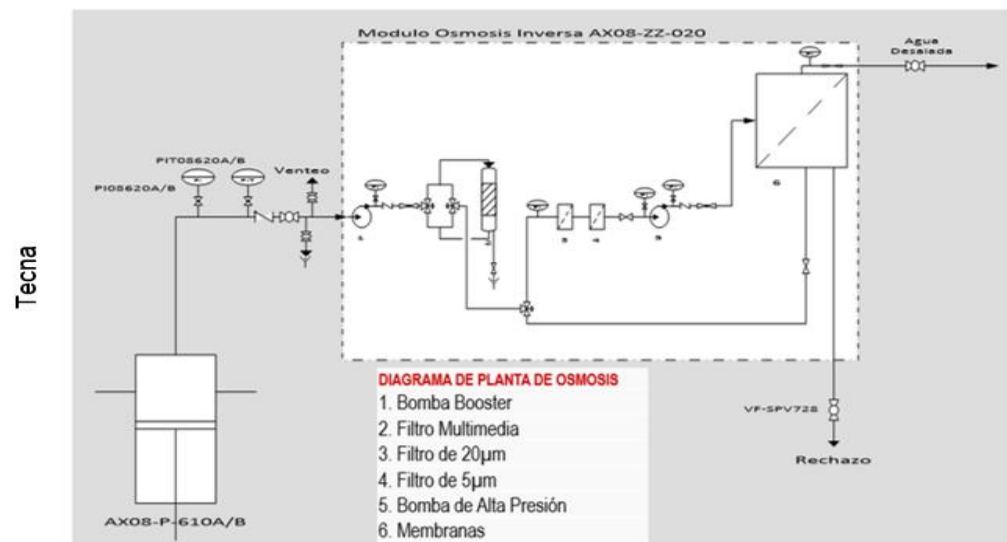
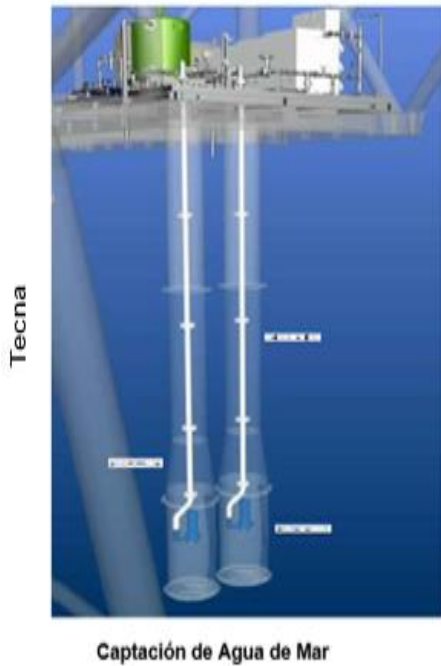


Diagrama de flujo de planta a implementar



9. Sistema de captación de agua de mar

Figura 18



10. Características de Bomba de captación

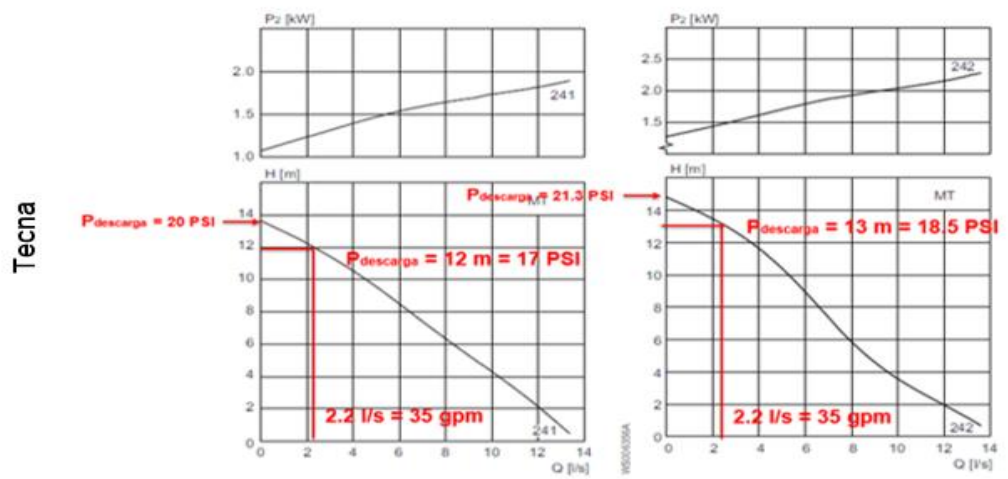
Tabla 11

Elaboración Propia	CARACTERISTICAS DE MOTOR Y BOMBA			
	Marca	FLYGT		
	Modelo	FLYGT DS2720.280		
	Potencia	2.3	KW	
	Voltaje	230/460		
	Amperios	8.6/4.3		
	Rpm	3285	HZ	60
	Factor de potencia	0.88		
	Caudal	35 GPM		
	Presión de descarga	14 PSI		
	Temperatura	104 °F		

Características de bomba de captación

## 11. Selección de bomba

Figura 19



Curva para encontrar el caudal y altura de bombeo

## 12. Planta de osmosis

Figura 20

Tasman Sea Recovery



Módulo de osmosis inversa

### 13. Parámetros de funcionamiento de planta de osmosis

Tabla 12

Elaboración Propia	Variables de Operación	Valor de Operación
	Presión descarga bombas A/B	12 PSI
	Presión de succión de la bomba booster	-6 PSI
	Presión descarga bomba booster	74 – 82 PSI
	Diferencial de presión filtro multimedia	< 25 PSI
	Diferencial de presión filtro 20µm	< 25 PSI
	Diferencial de presión filtro 5µm	< 25 PSI
	Presión descarga bomba alta presión	760 – 800 PSI
	Diferencial de presión en las membranas de O.I.	6 – 10 PSI
	Presión de la línea de agua desalada	9 PSI
	Caudal de descarga de la bomba booster	1200 BWPD / 35 GPM
	Caudal de agua desalada	377 BWPD / 11 GPM
	Salinidad del agua desalada	< 500 ppm
	Salinidad del agua de mar	33469.6 (mgNaCl/L)

Parámetros de funcionamiento de planta de osmosis

### 14. Características de bomba booster

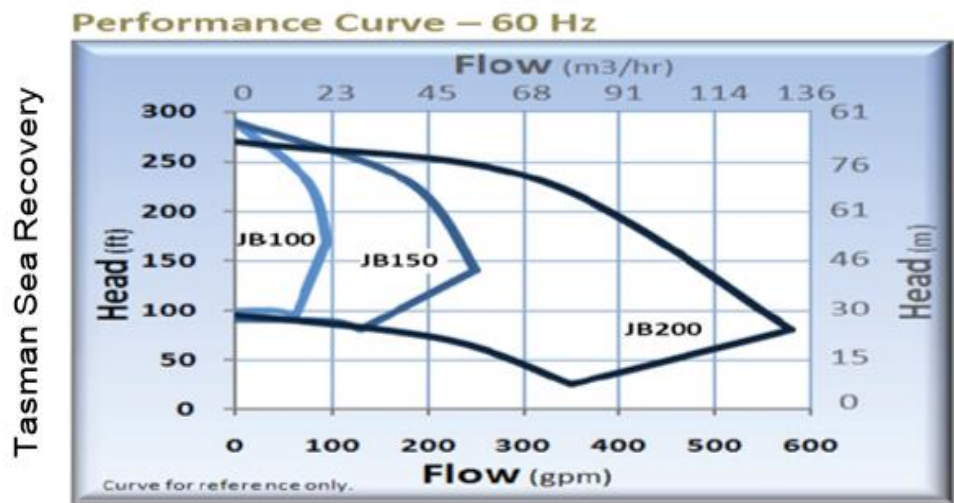
Tabla 13

Elaboración Propia	MOTOR y BOMBA BOOSTER			
	Marca	PARKER		
	Modelo de Motor	JB100SS		
	Potencia	5	HP	
	Voltaje	230/460		
	Amperios	17.5/8.76		
	Rpm	3285	HZ	60
	Fact. Potencia	0.88		
	Marca de Bomba	Parker		
	Potencia de Bomba	5 HP		
	Caudal	35 GPM		
	Presión de Descarga	82 PSI		
	Temperatura	79°F		

Características de motor y bomba booster

15. Selección de bomba

Figura 21



Curva de potencia

16. Características de filtro multimedia

Tabla 14

Elaboración Propia

CARACTERISTICAS DE FILTRO MULTIMEDIA		
Parámetros	Unidad	Operación
Caída de Presión	PSI	10
Porosidad	µm	50
Material del filtro	Arena y grava	
Material	Plástico de fibra de vidrio reforzado	

Características de filtro multimedia

## 17. Características de filtros de 20 micras

Tabla 15

Elaboración Propia	CARACTERISTICAS DE FILTRO DE 20 MICRAS		
	Parámetros	Unidad	Operación
	Caída de Presión	PSI	3
	Porosidad	µm	20
	Tipo de filtro	Cartuchos intercambiables	
	Material	Plástico de fibra de vidrio reforzado	

Características de filtros de 20 micras

## 18. Filtros de 20 y 5 micras

Figura 22



Filtros de Cartucho

## 19. Características de bomba de alta presión

Tabla 16

Elaboración Propia	MOTOR y BOMBA DE ALTA PRESION			
	Marca	BALDOR RELIANCER		
	Modelo de Motor	CM4103TX		
	Potencia	25	HP	
	Voltaje	230/460		
	Amperios	58/29		
	Rpm	1760	HZ	60
	Fact. Potencia	92.4		
	Marca de Bomba	DANFOSS/APP 8.2		
	Potencia de Bomba	29 HP		
	Caudal	35 GPM		
	Presión de Descarga	900 PSI		
	Temperatura	75 °F		

Características de motor y bomba de alta presión

## 20. Características de membranas

Tabla 17

Elaboración Propia	CARACTERISTICAS DE FILTRO DE MEMBRANAS		
	Parámetros	Unidad	Operación
	Fabricante	Toray	
	Modelo	TM820F-400	
	Área de membrana	FT2	400
	Diámetro membrana	IN	8
	Diámetro tubo permeado	IN	1.125
	Longitud	IN	40
	Rechazo de sales	%	99.7
	Preservación de membrana	Ppm bisulfito de sodio	1000
	Material	Compuesto de poliamidas	

Características de las membranas

## 21. Características de tanque de agua desalada

Tabla 18

Elaboración Propia	CARACTERISTICAS DE TANQUE DE AGUA DESALADA		
	Parámetros	Unidad	Diseño
	Presión	ATM	1
	Temperatura	°F	129
	Capacidad	L	500
	Diámetro	FT	2.5
	Altura	FT	4
	Material	Poliéster reforzado con fibra de vidrio	

Características De tanque de agua desalada

## 22. Características de Bomba de agua desalada

Tabla 19

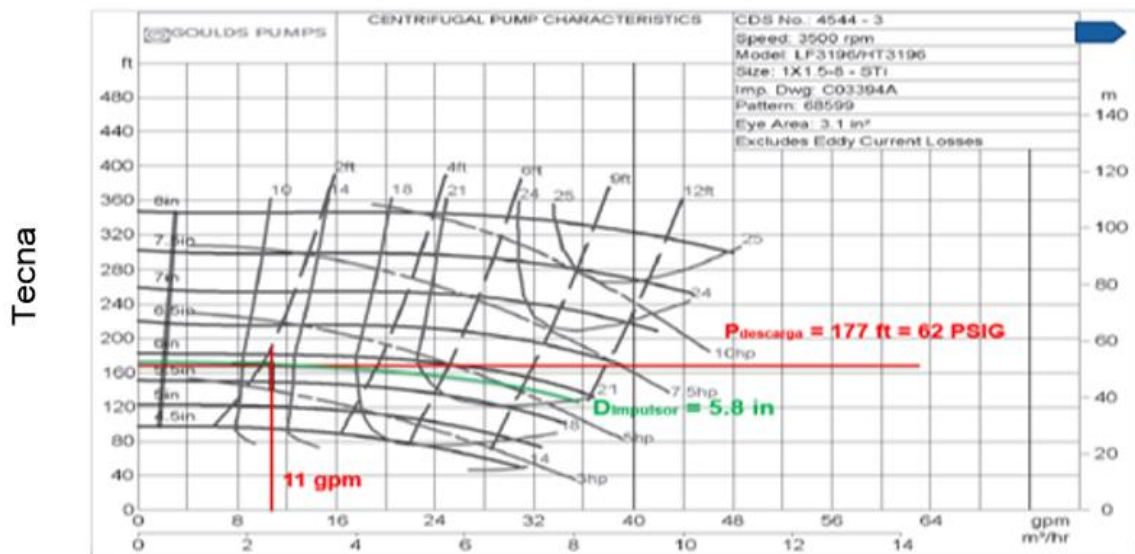
Elaboración Propia	MOTOR y BOMBA DE AGUA DESALADA			
	Marca	CUEG-W22		
	Modelo de Motor	00736ET3E2T-W22		
	Potencia	7.5	HP	
	Voltaje	230/460		
	Amperios	17.5/8.76		
	Rpm	3520	HZ	60
	Fact. Potencia	8.5		
	Marca de Bomba	GOULDS PUMP		
	Potencia de Bomba	0.4 HP		
	Caudal	11 GPM		
	Presión de Descarga	65 PSI		
	Temperatura	79 °F		

Características de motor y bomba de agua desalada



## 23. Selección de bomba de agua desalada

Figura 23





## 25. Precio del agua industrial

Tabla 21

Elaboración propia	COSTO DE AGUA INDUSTRIAL	
	DESCRIPCION	VALOR
	AGUA	S/.21.22
	TRANSPORTE	S/.10.54
	MANTENIMIENTO	S/.7.14
	TOTAL	S/.38.90

Costo del agua en Plataforma Albacora

## 26. Pago mensual en cuotas a 30 meses

	MENSUAL	60				
TASA EFECTIVA ANUAL	10.00%					
TASA NOMINAL	9.57%					
TASA EFECTIVA MENSUAL	0.80%					
VALOR ACTUAL	S/. 158,855.00					
PERIODO	5 AÑOS					
Nº de cuotas	CUOTA	CAPITAL	INTERES	CAPITAL ACUMULADO	INTERES ACUMULADO	CAPITAL RESTANTE
1	S/. -3,341.61	S/. -2,074.88	S/. -1,266.73	-2074.875232	-1266.732078	S/. 156,780.12
2	S/. -3,341.61	S/. -2,091.42	S/. -1,250.19	-4166.29581	-2516.918809	S/. 154,688.70
3	S/. -3,341.61	S/. -2,108.10	S/. -1,233.51	-6274.39367	-3750.428259	S/. 152,580.61
4	S/. -3,341.61	S/. -2,124.91	S/. -1,216.70	-8399.301798	-4967.127441	S/. 150,455.70
5	S/. -3,341.61	S/. -2,141.85	S/. -1,199.75	-10541.15424	-6166.882307	S/. 148,313.85
6	S/. -3,341.61	S/. -2,158.93	S/. -1,182.68	-12700.08612	-7349.55774	S/. 146,154.91
7	S/. -3,341.61	S/. -2,176.15	S/. -1,165.46	-14876.23362	-8515.017548	S/. 143,978.77
8	S/. -3,341.61	S/. -2,193.50	S/. -1,148.11	-17069.73403	-9663.12445	S/. 141,785.27
9	S/. -3,341.61	S/. -2,210.99	S/. -1,130.62	-19280.72572	-10793.74007	S/. 139,574.27
10	S/. -3,341.61	S/. -2,228.62	S/. -1,112.98	-21509.34816	-11906.72493	S/. 137,345.65
11	S/. -3,341.61	S/. -2,246.39	S/. -1,095.21	-23755.74196	-13001.93845	S/. 135,099.26
12	S/. -3,341.61	S/. -2,264.31	S/. -1,077.30	-26020.04881	-14079.23891	S/. 132,834.95
13	S/. -3,341.61	S/. -2,282.36	S/. -1,059.24	-28302.41157	-15138.48346	S/. 130,552.59
14	S/. -3,341.61	S/. -2,300.56	S/. -1,041.04	-30602.9742	-16179.52813	S/. 128,252.03
15	S/. -3,341.61	S/. -2,318.91	S/. -1,022.70	-32921.88185	-17202.2278	S/. 125,933.12
16	S/. -3,341.61	S/. -2,337.40	S/. -1,004.21	-35259.28079	-18206.43617	S/. 123,595.72
17	S/. -3,341.61	S/. -2,356.04	S/. -985.57	-37615.31848	-19192.00579	S/. 121,239.68
18	S/. -3,341.61	S/. -2,374.83	S/. -966.78	-39990.14354	-20158.78803	S/. 118,864.86
19	S/. -3,341.61	S/. -2,393.76	S/. -947.85	-42383.90579	-21106.63309	S/. 116,471.09
20	S/. -3,341.61	S/. -2,412.85	S/. -928.76	-44796.75624	-22035.38995	S/. 114,058.24
21	S/. -3,341.61	S/. -2,432.09	S/. -909.52	-47228.8471	-22944.9064	S/. 111,626.15
22	S/. -3,341.61	S/. -2,451.48	S/. -890.12	-49680.33179	-23835.02902	S/. 109,174.67
23	S/. -3,341.61	S/. -2,471.03	S/. -870.57	-52151.36496	-24705.60316	S/. 106,703.64
24	S/. -3,341.61	S/. -2,490.74	S/. -850.87	-54642.1025	-25556.47293	S/. 104,212.90
25	S/. -3,341.61	S/. -2,510.60	S/. -831.01	-57152.70154	-26387.48121	S/. 101,702.30
26	S/. -3,341.61	S/. -2,530.62	S/. -810.99	-59683.32043	-27198.46962	S/. 99,171.68
27	S/. -3,341.61	S/. -2,550.80	S/. -790.81	-62234.11885	-27989.27852	S/. 96,620.88
28	S/. -3,341.61	S/. -2,571.14	S/. -770.47	-64805.25768	-28759.74699	S/. 94,049.74
29	S/. -3,341.61	S/. -2,591.64	S/. -749.97	-67396.89914	-29509.71285	S/. 91,458.10
30	S/. -3,341.61	S/. -2,612.31	S/. -729.30	-70009.20671	-30239.01258	S/. 88,845.79

## 27. Pago mensual en cuotas a 60 meses

		MENSUAL	60			
TASA EFECTIVA ANUAL		10.00%				
TASA NOMINAL		9.57%				
TASA EFECTIVA MENSUAL		0.80%				
VALOR ACTUAL		S/. 158,855.00				
PERIODO		5 AÑOS				
Nº de cuotas	CUOTA	CAPITAL	INTERES	CAPITAL ACUMULADO	INTERES ACUMULADO	CAPITAL RESTANTE
31	S/. -3,341.61	S/. -2,633.14	S/. -708.47	-72642.34519	-30947.48142	S/. 86,212.65
32	S/. -3,341.61	S/. -2,654.14	S/. -687.47	-75296.48068	-31634.95323	S/. 83,558.52
33	S/. -3,341.61	S/. -2,675.30	S/. -666.31	-77971.78062	-32301.2606	S/. 80,883.22
34	S/. -3,341.61	S/. -2,696.63	S/. -644.97	-80668.41378	-32946.23475	S/. 78,186.59
35	S/. -3,341.61	S/. -2,718.14	S/. -623.47	-83386.55027	-33569.70557	S/. 75,468.45
36	S/. -3,341.61	S/. -2,739.81	S/. -601.80	-86126.36157	-34171.50158	S/. 72,728.64
37	S/. -3,341.61	S/. -2,761.66	S/. -579.95	-88888.0205	-34751.44996	S/. 69,966.98
38	S/. -3,341.61	S/. -2,783.68	S/. -557.93	-91671.70129	-35309.37648	S/. 67,183.30
39	S/. -3,341.61	S/. -2,805.88	S/. -535.73	-94477.57954	-35845.10554	S/. 64,377.42
40	S/. -3,341.61	S/. -2,828.25	S/. -513.35	-97305.83226	-36358.46013	S/. 61,549.17
41	S/. -3,341.61	S/. -2,850.81	S/. -490.80	-100156.6379	-36849.26184	S/. 58,698.36
42	S/. -3,341.61	S/. -2,873.54	S/. -468.07	-103030.1762	-37317.33082	S/. 55,824.82
43	S/. -3,341.61	S/. -2,896.45	S/. -445.15	-105926.6285	-37762.4858	S/. 52,928.37
44	S/. -3,341.61	S/. -2,919.55	S/. -422.06	-108846.1776	-38184.54407	S/. 50,008.82
45	S/. -3,341.61	S/. -2,942.83	S/. -398.78	-111789.0075	-38583.32144	S/. 47,065.99
46	S/. -3,341.61	S/. -2,966.30	S/. -375.31	-114755.304	-38958.63228	S/. 44,099.70
47	S/. -3,341.61	S/. -2,989.95	S/. -351.66	-117745.2541	-39310.28945	S/. 41,109.75
48	S/. -3,341.61	S/. -3,013.79	S/. -327.81	-120759.0465	-39638.10433	S/. 38,095.95
49	S/. -3,341.61	S/. -3,037.82	S/. -303.78	-123796.8714	-39941.88682	S/. 35,058.13
50	S/. -3,341.61	S/. -3,062.05	S/. -279.56	-126858.9202	-40221.44526	S/. 31,996.08
51	S/. -3,341.61	S/. -3,086.47	S/. -255.14	-129945.3863	-40476.58649	S/. 28,909.61
52	S/. -3,341.61	S/. -3,111.08	S/. -230.53	-133056.4643	-40707.11581	S/. 25,798.54
53	S/. -3,341.61	S/. -3,135.89	S/. -205.72	-136192.3505	-40912.83696	S/. 22,662.65
54	S/. -3,341.61	S/. -3,160.89	S/. -180.72	-139353.2426	-41093.55211	S/. 19,501.76
55	S/. -3,341.61	S/. -3,186.10	S/. -155.51	-142539.3402	-41249.06186	S/. 16,315.66
56	S/. -3,341.61	S/. -3,211.50	S/. -130.10	-145750.8441	-41379.16522	S/. 13,104.16
57	S/. -3,341.61	S/. -3,237.11	S/. -104.49	-148987.9571	-41483.6596	S/. 9,867.04
58	S/. -3,341.61	S/. -3,262.93	S/. -78.68	-152250.8832	-41562.34079	S/. 6,604.12
59	S/. -3,341.61	S/. -3,288.95	S/. -52.66	-155539.8283	-41615.00294	S/. 3,315.17
60	S/. -3,341.61	S/. -3,315.17	S/. -26.44	-158855	-41641.43858	S/. 0.00
		S/. -200,496.44	S/. -158,855.00	S/. -41,641.44		

## Cotización de referencia de planta de osmosis



Señores : AQUA PLUS SAC

Atención :

**PROFORMA**

**B-09**

**Fecha**

30-may-2016

**Condiciones** : 60% DE ADELANTO Y 40% AL CULMINAR

**Tiempo de Entrega** : POR COORDINAR

Item	Cant.	Descripción	Unitario	Total
1	1	<b>VENTA DE EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA 60 m3 /día Y SERVICIO DE INSTALACIÓN</b> <b>- OSMOSIS INVERSA</b> <b>Incluye :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 01 ELECTROBOMBA DE ALTA PRESION GRUNDFOS</li> <li>* 01 MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD LINEA - CREATE</li> <li>* 01 ESTRUCTURA DE FIERRO A36 C/ PINTURA EPOXICA.</li> <li>* 02 PORTAMENBRANA FRP 8X40</li> <li>* 06 MENBRANA 8x40</li> <li>* 03 PRE FILTROS DE SEDIMENTOS 4.5"X20"</li> <li>* 03 ROTAMETROS ACRILICOS (PERMEADO,CONCENTRADO Y RECICLO)</li> <li>* 02 MANOMETROS DE 0-100 PSI C/ GLICERINA</li> <li>* 02 MANOMETROS DE 0-300 PSI C/ GLICERINA</li> <li>* 01 DOSIFICADORA SEKO (ANTICRUSTANTE) Y TANQUE</li> <li>* 01 TABLERO DE CONTROL CON PLC</li> <li>* 03 PORTAFILTRO Y FILTRO DE SEDIMENTOS 4.5" X 20"</li> </ul> <b>- SISTEMA DE PRESURIZACIÓN</b> <b>Incluye :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* TANQUE HIDRONEUMATICO FRP 0-100 PSI, TANQUE DE ALMACENAMIENTO. 24"X50</li> </ul> <b>- SISTEMA DE PRE - TRATAMIENTO</b> <b>Incluye :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 02 TANQUE 30"X72" - 15 pies3 FRP (MULTIMEDIA Y CARBON ACTIVADO)</li> <li>* 02 ELECTROBOMBA SALSOMS HSS</li> <li>* MEDIO FILTRANTE 15 pies3 (grava, antracita, garnet, arena)</li> <li>* MEDIOS FILTRANTE 15 pies3 (carbon activado granular)</li> <li>* 02 KIT COMPLETO TOBERA SUPERIOR, INFERIOR, TUBO CENTRAL Y TAPA</li> <li>* 02 VALVULA MAGNUM IT 293/742L FILTRO 15.0 X TIEMPO INC.TAPA, TRANSFORMADOR, ADAPTADOR , RESTRICTOR DE FLUJO</li> <li>* 01 ESTRUCTURA DE FIERRO A36 C/ PINTURA EPOXICA.</li> </ul> <b>- SERVICIO DE INSTALACIÓN</b> <b>Incluye :</b> Instalación, materiales y accesorios de pvc, mano de obra, transporte, programacion de cabezales, puesta en marcha. El servicio de instalación incluye tuberías de ingreso de agua cruda y salida de agua permeada a una distancia de 2 mts.	1	38,500.00
		<b>Precio de Servicio US\$</b>		<b>38,500.00</b>
		<b>I.G.V. 18 %</b>		<b>6,930.00</b>
		<b>Precio de Servicio Total US\$</b>		<b>45,430.00</b>

**Cliente**

**GRUPO AQUAPROYECT SAC**  
E-mail: [grupoaquaproject@gmail.com](mailto:grupoaquaproject@gmail.com)

Fernado Aquino Palomino  
ASESOR DE VENTAS Y  
SERVICIOS



**CONDICIÓN DE PAGO**

FORMA DE PAGO	60 % DE ADELANTO y el 40 % AL CULMINAR
MONEDA	EN SOLES
TIEMPO DE ENTREGA	POR COORDINAR

PARA MAYOR FACILIDAD DEPOSITAR A NUESTRA A CUENTA:

**BANCO DE CREDITO DEL PERU**

CUENTA (SOLES)

**N. 191-19391277-0-47**

A NOMBRE DE: LUIS FERNANDO AQUINO PALOMINO

ATENTAMENTE:  
LUIS FERNANDO AQUINO PALOMINO  
[grupoaquaproject@gmail.com](mailto:grupoaquaproject@gmail.com)




## Formato de parámetros de planta de osmosis

Código: R-PROD-OFS-018 Fecha: Julio de 2016		MONITOREO Y CONTROL DE DATOS DE LA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA																
UN de aplicación: PSE PERÚ																		
Operador:																		
FECHA:	BOMBAS AGUA DE MAR A/B	PANEL DE CONTROL MODULO DE OSMOSIS INVERSA															BOMBAS AGUA DESALADA A/B	
HORA	PRESION DESCARGA	PRESION SUCCION BOOSTER	PRESION DESCARGA BOOSTER/ ENTRADA FILTRO MULTIMEDIA	PRESION SALIDA FILTRO MULTIMEDIA / ENTRADA FILTRO 20 MICRAS	ΔP FILTRO MULTIMEDIA	PRESION SALIDA FILTRO 20 MICRAS / ENTRADA FILTRO 5 MICRAS	ΔP FILTRO 20 MICRAS	PRESION SALIDA FILTRO 5 MICRAS / SUCCION BOMBA ALTA PRESION	ΔP FILTRO 5 MICRAS	PRESION SALIDA BOMBA ALTA PRESION / ENTRADA MEMBRANA O.I.	PRESION SALIDA MEMBRANA O.I / ENTRADA DEL REG. DE PRES. POST.	DIFERENCIAL DE PRESION DE MEMBRANAS	PRESION LINEA AGUA DESALADA	CAUDAL AGUA DE ALIMENTACION	CAUDAL AGUA DESALADA	SALINIDAD AGUA DESALADA	PRESION SUCCION	PRESION DESCARGA
UNIDAD	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI		PSI	PSI	PSI	PSI	GPM	GPM	PPM	PSI	PSI
VALOR PERMISIBLE	14	-6	72 - 74	63 - 64	25	60	25	45 - 48	25	760 - 800	750 - 790		9	35 - 38	11	< 500		65-75
00:00					0		0		0			0						
02:00					0		0		0			0						
03:00					0		0		0			0						
04:00					0		0		0			0						
05:00					0		0		0			0						
06:00					0		0		0			0						
07:00					0		0		0			0						
08:00					0		0		0			0						
09:00					0		0		0			0						
10:00					0		0		0			0						
11:00					0		0		0			0						
12:00					0		0		0			0						
13:00					0		0		0			0						
14:00					0		0		0			0						
15:00					0		0		0			0						
16:00					0		0		0			0						
17:00					0		0		0			0						
18:00					0		0		0			0						
19:00					0		0		0			0						
20:00					0		0		0			0						
21:00					0		0		0			0						
22:00					0		0		0			0						
23:00					0		0		0			0						
PROMEDIO	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	0	#iDIV/0!	0	#iDIV/0!	0	#iDIV/0!	#iDIV/0!	0	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!



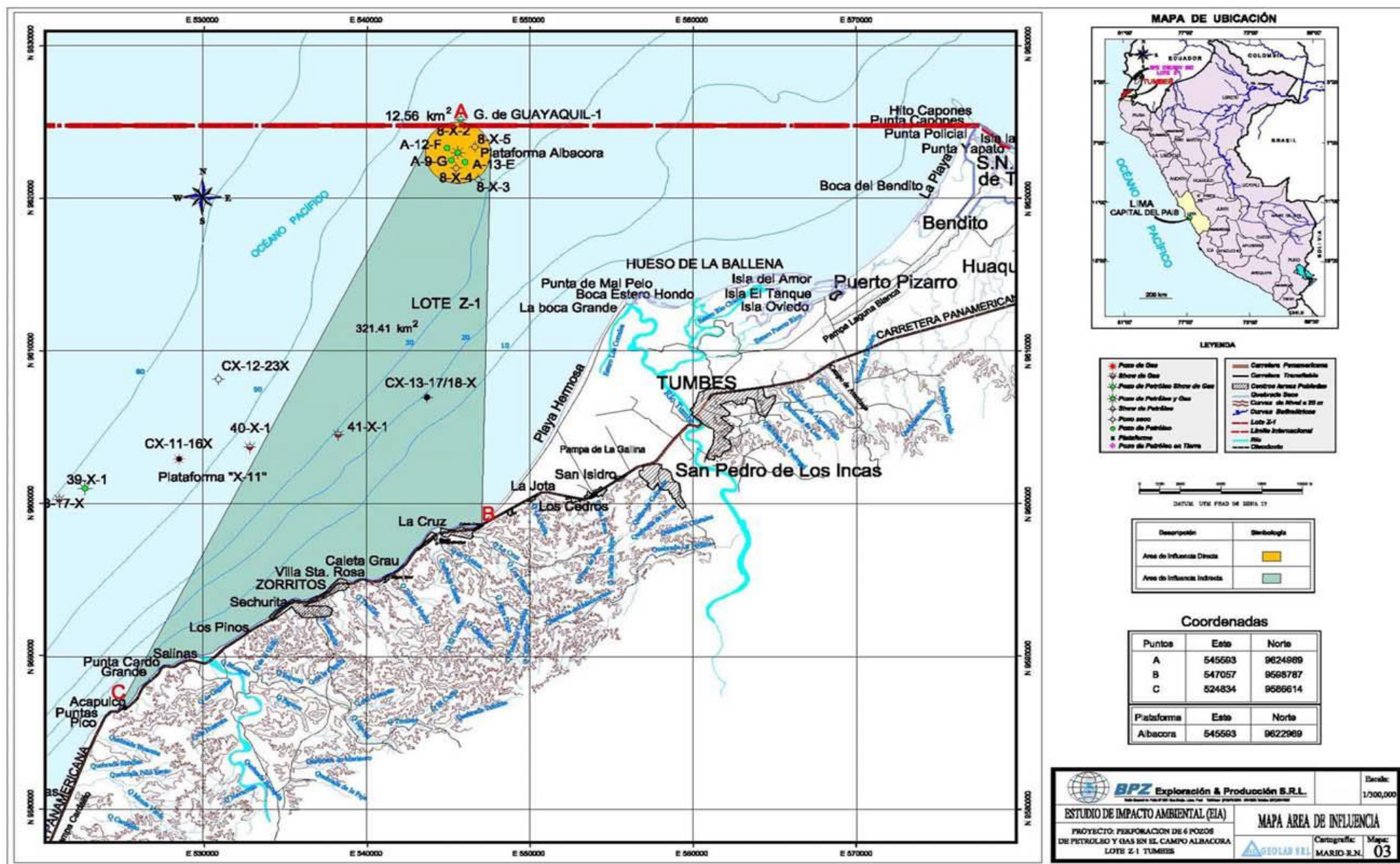
# Análisis de cloruros del agua de mar

				RUC: 20484297186 Parque 56-19 - Talara Telefax : (51)(73)-381660 Nextel : 406*9833/422*8054 E-mail : iqs@iqs-sac.com											
<b>INFORME DE ENSAYO N° LA 16111516</b>															
<b>Cliete:</b> Pacific Rubiales Energy				<b>Domicilio legal:</b> Muelle la Cruz-La Cruz-Tumbes											
<b>Tipo de muestra:</b> AGUA DE MAR				<b>Lugar de muestreo:</b> Plat. Z1-8A											
<b>Fecha de muestreo:</b> 04/11/2016				<b>Fecha de recepción:</b> 04/11/2016											
<b>Análisis solicitado:</b> CLORUROS				<b>Fecha de análisis:</b> 04/11/2016											
<b>Atención:</b>															
Muestra	Hora	API	Salinidad	Agua Libre	Sedimento TOTAL	Agua dada por la Fase crudo	%SW Total	Cloruros		FASE CRUDO					OBSERVACIONES
										%SW					
		60°F	PTB	(%)	(%)	(%)		(mgd/L)	(mgNad/L)	Sin Química		Con Química			
										Interfase	Agua	Sedimentos	Agua	Sedimentos	
AGUA DE MAR	15:00							20285	33469.6						
<b>Observaciones:</b> %SW ASTM D4007-11 Para análisis de %SW se utilizo rompedor universal F-46 al 25%															
Muestreado por OPERADOR Z1 8A				Aprobado por: Luis Cruz Barreto											
Analizado por Daniel Villar ./Victor Espinoza.				CIP 140245											

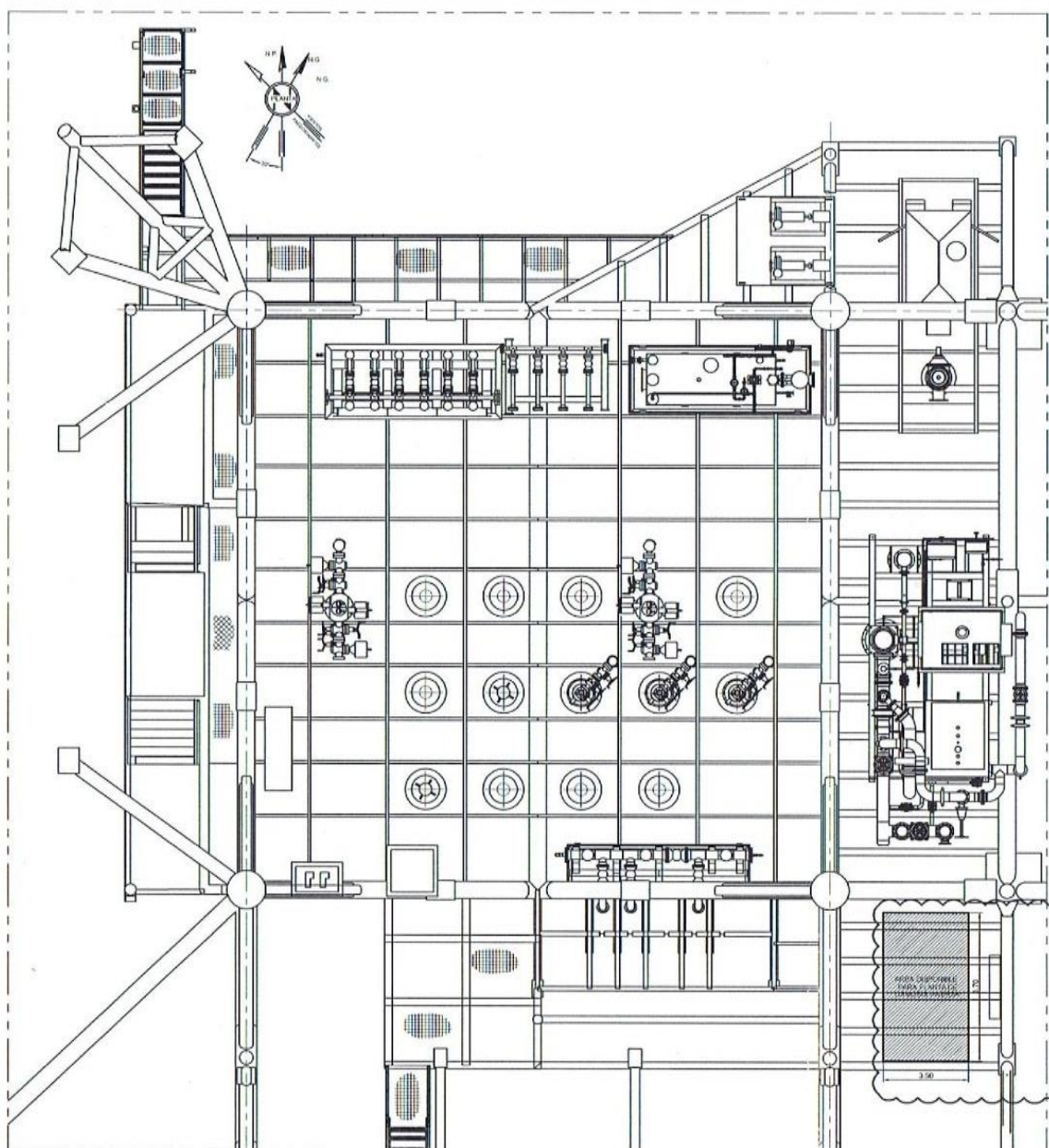
## PLANOS



## Plano de ubicación de Plataforma Albacora



## Plano de ubicación de planta de osmosis en Plataforma Albacora



PLANTA MESA DE CABEZALES N+ 100.00

KCV PLAN	
	
ESPECIFICACIONES	
CONVENCIONES	
R.P.C. NIVEL PLATAFORMA CEEZALES	
NOTAS	
1. ESTOS LAS UNIDADES SON EXPUESTAS EN METROS	
PLANOS DE REFERENCIA	
(PLANTA DE MEZA CABEZALES)	

## **Planos y diagrama de planta de osmosis**